

7

Nástroje pro analýzu dat

V této kapitole:

Ověřování vstupních dat

Hledání řešení

Řešitel

Scénáře

Citlivostní analýza

Rychlá analýza

Součástí Excelu jsou nástroje pro analýzu dat, které nám pomáhají při výpočtu proměnné (proměnných) pro dosažení požadovaného výsledku. Dále umožňují nástroje pro analýzu dat vytvořit tabulky s výsledky vzorců (funkcí) ve zkoumaných hodnotách. Pro běžnou praxi jsou důležité zejména tyto nástroje pro analýzu dat:

- Ověřování vstupních dat
- Hledání řešení
- Řešitel
- Scénáře
- Citlivostní analýza
- Rychlá analýza

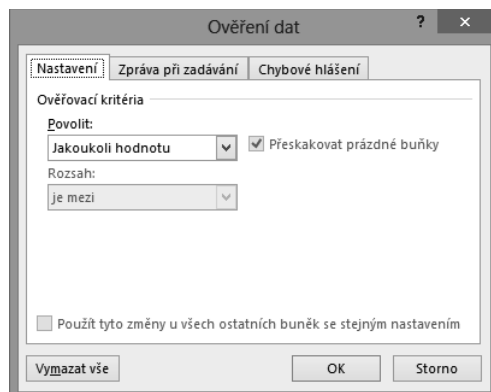
Ověřování vstupních dat

Před zápisem dat do tabulky lze ověřit, zda splňují určitou podmínku, například jestli jsou ve formátu desetinného čísla a jsou v určitém rozmezí hodnot. Při označení takto ošetřených buněk se zobrazí informativní zpráva o požadavcích na vstupní data a při nesplnění podmínky chybová zpráva. Ověřování vstupních dat ve vybrané oblasti buněk provedeme tak, že:

1. Vyznačíme oblast, ve které chceme data ověřovat.
2. Na kartě **Data** ve skupině **Datové nástroje** klepneme na tlačítko **Ověření dat**.
3. V dialogu **Ověření dat**:
 - Na kartě **Nastavení** určíme podmínku, kterou musí data splnit, aby mohla být do buňky zapsána (viz obrázek 7.1).
 - Na kartě **Zpráva při zadání** uvedeme zprávu, která se zobrazí, když na buňku umístíme buňkový kurzor.
 - Na kartě **Chybové hlášení** vybereme druh omezení (styl) a doplníme zprávu, která se má zobrazit, není-li podmínka pro zápis data splněna.

Popis některých položek na kartě **Nastavení**:

- **Povolit** – určení typu dat.
- **Rozsah** – nastavení podmínek, které má zapisovaný údaj splnit. U většiny omezení jsou položky minimum a maximum.
- **Přeskokovat prázdné buňky** – prázdné buňky nebudou brány jako chybné.
- **Použít tyto změny u všech ostatních buněk se stejným nastavením** – při označení položky se na listu zvýrazní všechny buňky se stejným omezením a změna se promítne do všech označených buněk.



Obrázek 7.1 Dialog Ověření dat – karta Nastavení

Určení typu dat a rozsahu hodnot

Pomocí položky **Povolit** (dialog **Ověření dat**, karta **Nastavení**) volíme typ dat, který se má do vybraných buněk zadávat (viz obrázek 7.2).

V rozevřacím seznamu u položky **Povolit** můžeme zvolit následující typy dat:

- **Jakoukoli hodnotu** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat data bez jakéhokolí omezení.
- **Celé číslo** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat pouze celá čísla (například 1450).
- **Desetinné číslo** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat jakékoli celé nebo desetinné číslo (například 145 nebo 14,56).
- **Seznam** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat pouze data, která jsou ve vytvořeném seznamu. Data můžeme vybírat pomocí rozevřacího seznamu, který je k dispozici u každé buňky ověřované oblasti, nebo zadávat přímo z klávesnice.
- **Datum** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat pouze datum.
- **Čas** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat pouze čas.
- **Délka textu** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat pouze text zvolené velikosti.
- **Vlastní** – tato volba umožňuje do vybraných buněk zadávat hodnoty, které jsou omezeny vzorcem, který jsme sami vytvořili.

Pro volby **Celé číslo**, **Desetinné číslo**, **Datum**, **Čas** a **Délka textu** můžeme zvolit v rozevřacím seznamu **Rozsah** tyto možnosti (viz obrázek 7.3):

je mezi – umožňuje zvolit interval, ve kterém se mají data nacházet

není mezi – umožňuje zvolit interval, ve kterém se nemají data nacházet

je rovno – umožňuje zvolit hodnotu, kterou mají data nabývat

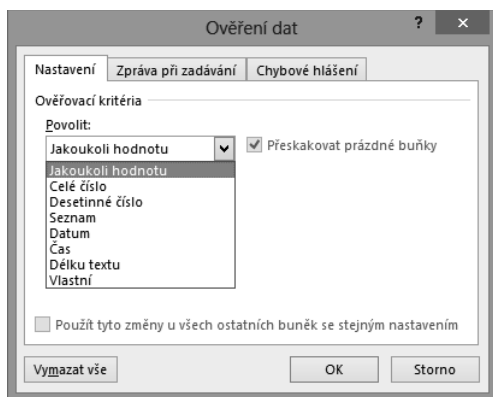
není rovno – umožňuje zvolit hodnotu, kterou nemají data nabývat

je větší než – data ve vybrané oblasti musí být větší než zvolená hodnota

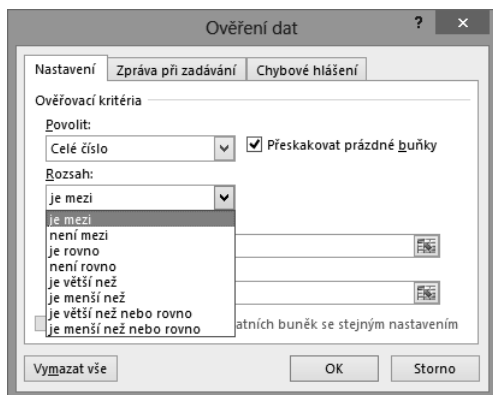
je menší než – data ve vybrané oblasti musí být menší než zvolená hodnota

je větší než nebo rovno – data ve vybrané oblasti musí být větší nebo rovna zvolené hodnotě

je menší než nebo rovno – data ve vybrané oblasti musí být menší nebo rovna zvolené hodnotě



Obrázek 7.2 Dialog Ověření dat



Obrázek 7.3 Dialog Ověření dat



Poznámka: Příklady na ověření celých čísel, desetinných čísel a dat jsou v kapitole 8, „Práce se seznamy“, i s využitím vlastních zpráv při zadávání a chybových hlášení.

Ověření vstupních dat pomocí seznamu a vlastního kritéria

Pro ověření vstupních dat pomocí seznamu a vlastního kritéria vytvoříme sešit s názvem *Majetek*. List *List1* přejmenujeme na *Evidence majetku* a vytvoříme na něm záhlaví seznamu pro zadávání dat (viz obrázek 7.4).

	A	B	C	D	E
1					
2	Inventární číslo	Název	Provoz	Požizovací cena	Zůstatková cena
3	52354		B	2500	2500
4	45698		A	10354	10350
5	12568		B	7568	
6			C		
7			D		
			E		

Obrázek 7.4 Tabulka s rozevíracím seznamem

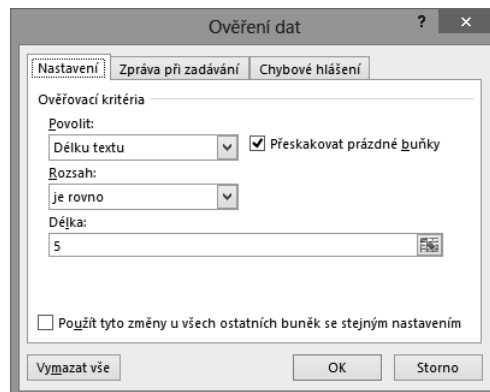
List *List2* přejmenujeme na *Seznam provozů* a vytvoříme v něm tabulku s provozu, které budeme zadávat do seznamu (viz obrázek 7.5).

	A	B
1		
2		Provozy
3		A
4		B
5		C
6		D
7		E

Obrázek 7.5 Tabulka seznamu provozů

Omezení délky textu na 5 znaků pro zadávání inventárního čísla provedeme tak, že:

1. Označíme buňky A3:A20.
2. Zvolíme kartu **Data**.
3. Ve skupině **Datové nástroje** klepneme na položku **Ověření dat**.
4. V dialogu **Ověření dat** volíme kartu **Nastavení** (viz obrázek 7.6).
5. V rozevíracím seznamu **Povolit** volíme **Délku textu**.
6. V rozevíracím seznamu **Rozsah** volíme **je rovno**.
7. Do okna **Délka** zapíšeme číslo 5.
8. Nastavení potvrdíme klepnutím na tlačítko **OK**.

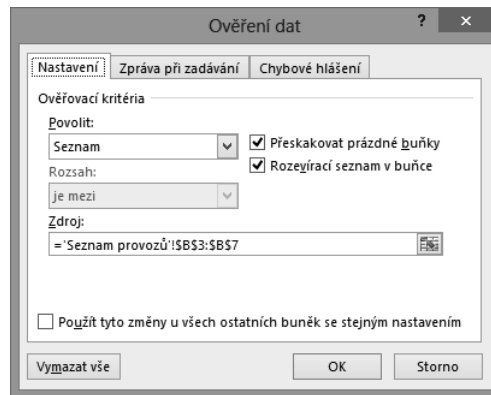


Obrázek 7.6 Dialog Ověření dat

Do buněk A3:A20 můžeme teď zadávat text nebo čísla pouze o délce pěti znaků nebo číslic. Pokud zadáme jinou délku, zobrazí se dialog s chybovým hlášením „Zadaná hodnota není platná“.

Ve sloupci *Provoz* chceme, aby bylo možno zadávat pouze existující provozy. Budeme postupovat tak, že:

1. Označíme buňky C3:C20.
2. Zvolíme kartu **Data**.
3. Ve skupině **Datové nástroje** klepneme na položku **Ověření dat**.
4. V dialogu **Ověření dat** volíme kartu **Nastavení** (viz obrázek 7.7).
5. V rozevřacím seznamu **Povolit** volíme **Seznam**.
6. Do okna **Zdroj** zadáme výběrem z listu *Seznam provozů* buňky B3:B7, ve kterých je seznam všech provozů (viz obrázek 7.5).
7. Nastavení potvrdíme klepnutím na tlačítko **OK**.



Obrázek 7.7 Dialog Ověření dat

Do buněk C3:C20 můžeme zadávat provozy tak, že:

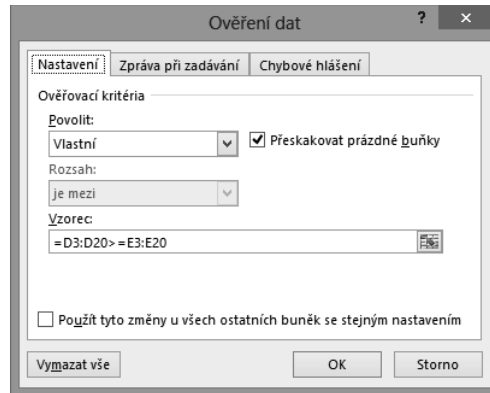
1. Označíme buňku C3, do které chceme zadat provoz.
2. Klepneme na tlačítko rozevřacího seznamu, které je umístěno na pravé straně buňky.
3. Vybereme například provoz B (viz obrázek 7.4).

Do buněk C3:C20 můžeme také zadávat provozy tak, že je do buňky přímo zapíšeme. V tom případě se musí zapsaná hodnota shodovat s některou hodnotou v seznamu na obrázku 7.5, jinak se objeví chybové hlášení „Zadaná hodnota není platná“.

Ve sloupci *Zůstatková cena* chceme, aby zůstatková cena byla menší nebo rovna pořizovací ceně. Budeme postupovat tak, že:

1. Označíme buňky E3:E20.
2. Zvolíme kartu **Data**.
3. Ve skupině **Datové nástroje** klepneme na položku **Ověření dat**.
4. V dialogu **Ověření dat** volíme kartu **Nastavení** (viz obrázek 7.8).

5. V rozevíracím seznamu **Povolit** volíme **Vlastní**.
6. Do okna **Vzorec** zapíšeme podmínku, která zajistí, aby hodnoty v buňkách E3:E20 (zůstatková cena) byly menší nebo rovny hodnotám v buňkách D3:D20 (viz obrázek 7.8).
7. Nastavení potvrdíme klepnutím na tlačítko **OK**.



Obrázek 7.8 Dialog Ověření dat

Do buněk E3:E20 můžeme nyní zadávat pouze hodnoty zůstatkové ceny, která není větší než odpovídající pořizovací cena. Pokud zadáme hodnotu větší, zobrazí se chybové hlášení „Zadaná hodnota není platná“.

Hledání řešení

Nástroj **Hledání řešení** použijeme v situaci, kdy máme vzorec (funkci), který vypočítává určitou hodnotu. My požadujeme, aby vypočítaná hodnota byla jiná. Pomocí nástroje **Hledání řešení** chceme zjistit, jakou hodnotu musí mít zvolená proměnná, aby cíle bylo dosaženo.

Postup ukážeme na jednoduchém příkladě, kdy máme v buňce C1 vzorec pro součin buněk A1 a B1, ve kterých jsou hodnoty 40 a 50 (výsledek součinu je 2000):

$$=A1*B1 \quad (7.1)$$

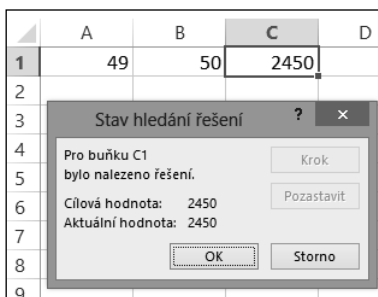
Chceme zjistit, jakou hodnotu musí mít buňka A1, aby výsledek součinu byl 2450. Budeme postupovat tak, že:

1. Zvolíme kartu **Data**.
2. Klepneme ve skupině **Datové nástroje** na položku **Citlivostní analýza** (viz obrázek 7.9).
3. Volíme **Hledání řešení**.
4. V dialogu **Hledání řešení** (viz obrázek 7.9):
 - V okně **Nastavená buňka** vytyčením zadáme buňku C1.
 - V okně **Cílová hodnota** zapíšeme číslo 2450.
 - V okně **Měněná buňka** výběrem zadáme buňku A1.



Obrázek 7.9 Dialog Hledání řešení

Po potvrzení zadaných údajů dostaneme v buňce C1 požadovanou hodnotu 2450 a v buňce A1 zjištěnou hodnotu 49. Současně se zobrazí dialog **Stav hledání řešení**, ve kterém je zobrazena cílová a aktuální hodnota buňky C1 (viz obrázek 7.10).



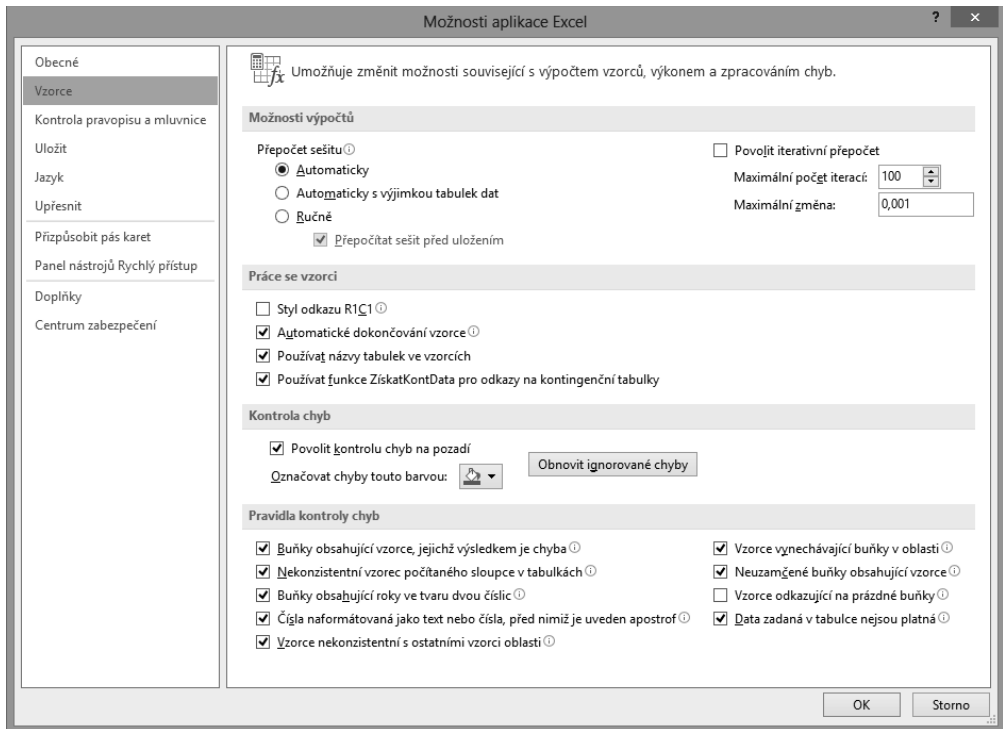
Obrázek 7.10 Výsledek výpočtu a dialog Stav hledání řešení

Možnosti nastavení řešení

Vzorec (funkce), pro který hledáme řešení, může být libovolně složitý, protože výpočet probíhá formou iterací (postupného přibližování k požadované hodnotě výsledku vzorce). Rychlost výpočtu a přesnost řešení je dána počtem iterací a požadovanou přesností. Ve výchozím nastavení je počet iterací 100 a přesnost výpočtu 0,001.

Počet iterací a přesnost výpočtu můžeme nastavit podle vlastní potřeby tak, že:

1. Na kartě **Soubor** zvolíme nabídku **Možnosti**.
2. V dialogu **Možnosti aplikace Excel** vybereme kartu **Vzorce**.
3. Na kartě **Vzorce** (viz obrázek 7.11):
 - Na číselníku **Maximální počet iterací** nastavíme počet iterací, jaký chceme pro výpočet použít.
 - Do okna **Maximální změna** zapíšeme požadovanou přesnost výpočtu.



Obrázek 7.11 Dialog Možnosti aplikace Excel

Výpočet hloubky bazénu pomocí nástroje Hledání řešení

Častým požadavkem v praxi je výpočet objemu obdélníkového bazénu, když známe jeho rozměry: délku, šířku a hloubku. Objem bazénu vypočítáme tak, že mezi sebou vynásobíme délku, šířku a hloubku:

$$\text{objem} = \text{délka} * \text{šířka} * \text{hloubka.} \quad (7.2)$$

Pro výpočet objemu bazénu vytvoříme nový sešit s názvem *Obdélníkový bazén*, ve kterém list *List1* přejmenujeme na *Výpočet objemu*. Na listu *Výpočet objemu* vytvoříme tabulku (viz obrázek 7.12), kde:

- Do buněk C2:C4 zapíšeme rozměry bazénu.
- Do buňky C5 vložíme vzorec pro výpočet objemu bazénu ve tvaru:

$$=C2*C3*C4 \quad (7.3)$$

Chceme zjistit, jaká bude hloubka bazénu, když změníme jeho objem na 18 m³. Délka a šířka bude beze změny.

	A	B	C	D
1				
2		Délka bazénu	5	
3		Šířka bazénu	3	
4		Hloubka bazénu	1,5	
5		Objem bazénu	22,5	

Obrázek 7.12 Tabulka pro výpočet objemu bazénu

Pomocí nástroje **Hledání řešení** to dokážeme zvládnout, aniž bychom potřebovali nové vzorce. Nemusíme tedy v tabulce na obrázku 7.12 nic měnit. Budeme postupovat tak, že:

1. Na kartě **Data** ve skupině **Datové nástroje** klepneme na položku **Citlivostní analýza**.
2. Volíme **Hledání řešení**.
3. V dialogu **Hledání řešení**:
 - V okně **Nastavená buňka** výběrem zadáme buňku C5.
 - V okně **Cílová hodnota** zapíšeme číslo 18.
 - V okně **Měněná buňka** výběrem zadáme buňku C4.

Po potvrzení zadaných údajů dostaneme v buňce C5 požadovanou hodnotu 18 a v buňce C4 zjištěnou hodnotu 1,2. Současně se zobrazí dialog **Stav hledání řešení**, ve kterém je zobrazena cílová a aktuální hodnota buňky C5.

Řešitel

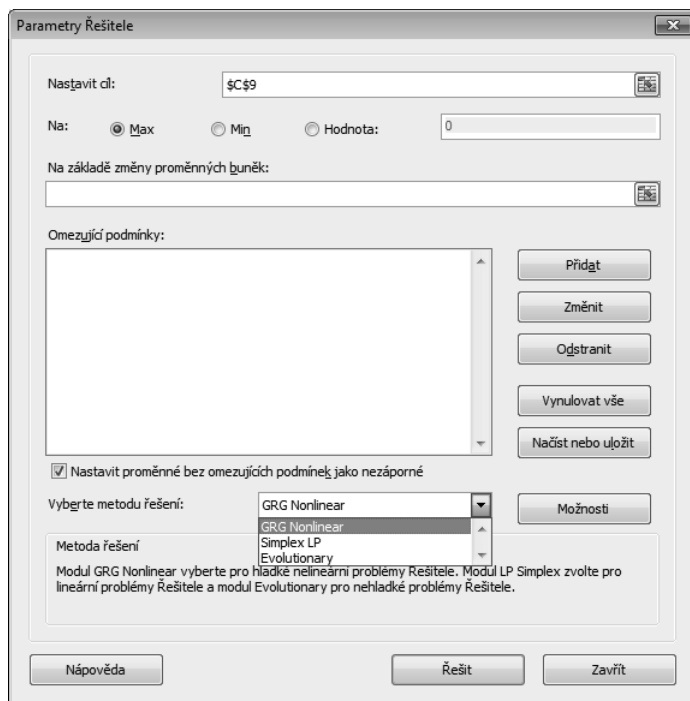
V této knize budeme nástroj **Řešitel** používat pro nalezení minimální nebo maximální hodnoty u matematických modelů, které se skládají z jednoho nebo více vzorců (hledání optimálního řešení).

Postup použití **Řešitele**:

1. Na listu sešitu vytvoříme matematický model, který chceme řešit.
2. Na kartě **Data** ve skupině **Analýza** klepneme na ikonu **Řešitel**.
3. V dialogu **Parametry Řešitele** (viz obrázek 7.13):
 - V okně **Nastavit cíl** výběrem zadáme adresu cílové buňky, pro kterou hledáme řešení.
 - V nabídce **Na** volíme **Max** nebo **Min** (maximalizace nebo minimalizace hodnoty cílové buňky).
 - Do okna **Na základě změny proměnných buněk** zadáme výběrem buňky, do nichž bude spočítán výsledek matematického modelu.
 - Označíme zaškrtnutím políčko **Nastavit proměnné bez omezujících podmínek jako nezáporné**.
 - V rozevíracím seznamu **Vyberte metodu řešení** (viz obrázek 7.13) zvolíme metodu, pomocí které chceme řešit optimalizační úlohu. Jako výchozí je nastavena metoda **GRG**

Nonlinear, která je vhodná pro hladké nelineární problémy. Další metody, které můžeme zvolit, jsou:

- Metoda **LP Simplex**, která je vhodná pro lineární problémy.
- Metoda **Evolutionary**, která je vhodná pro nehladké problémy Řešitele.



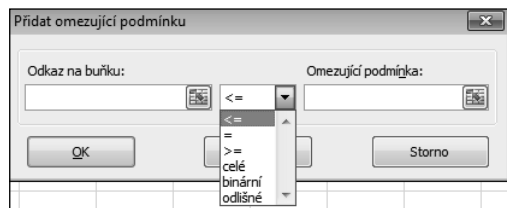
Obrázek 7.13 Dialog Parametry Řešitele s rozevřacím seznamem

Přidání omezujících podmínek

Omezující podmínky vytvoříme tak, že klepneme na tlačítko **Přidat** v dialogu **Parametry Řešitele** (viz obrázek 7.13) a v dialogu **Přidat omezující podmínku** (viz obrázek 7.14):

1. Do oken **Odkaz na buňku** a **Omezující podmínka** zadáme adresy buněk, mezi kterými vytváříme požadované vztahy (relace).
2. Z nabídky uprostřed vybereme příslušný relační operátor (např. \leq).
3. Nastavení potvrdíme klepnutím na tlačítko **OK**.
4. V dialogu **Parametry Řešitele** (viz obrázek 7.13) klepneme na tlačítko **Možnosti**.
5. V dialogu **Možnosti** nastavíme požadované parametry.

Řešení naší úlohy dostaneme klepnutím na tlačítko **Řešit** v dialogu **Parametry Řešitele**.



Obrázek 7.14 Dialog Přidat omezující podmínku

Změna omezujících podmínek

Omezující podmínky změníme tak, že:

1. Klepneme na tlačítko **Změnit** v dialogu **Parametry Řešitele** (zobrazí se dialog **Změnit omezující podmínku**, který je stejný jako dialog **Přidat omezující podmínku**).
2. V oknech **Odkaz na buňku** a **Omezující podmínka** můžeme změnit adresy buněk, mezi kterými vytváříme požadované vztahy (relace).
3. V nabídce uprostřed můžeme změnit příslušný relační operátor (např. \leq).

Nastavení potvrdíme klepnutím na tlačítko **OK**.

Odstranění omezujících podmínek

Omezující podmínku odstraníme tak, že v okně **Omezující podmínky** (dialog **Parametry Řešitele**) označíme podmínku, kterou chceme odstranit, a klepneme na tlačítko **Odstranit**.

Vynulování nastavení parametrů Řešitele

Parametry Řešitele vynulujeme tak, že v dialogu **Parametry Řešitele** klepneme na tlačítko **Vynulovat vše**. Dialog **Microsoft Excel** se nás zeptá, jestli chceme vynulovat všechny možnosti a vybrané buňky v Řešiteli.

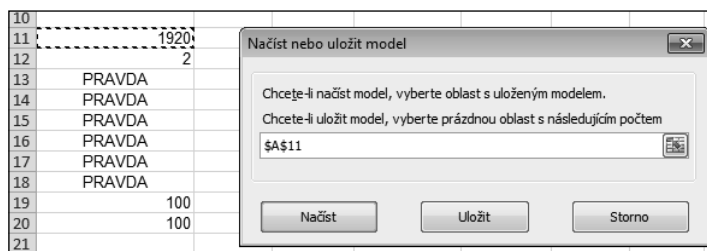
Vynulování provedeme klepnutím na tlačítko **OK**.

Uložení matematického modelu

Uložení matematického modelu (nastavení Řešitele) provedeme tak, že:

1. V dialogu **Parametry Řešitele** (viz obrázek 7.13) klepneme na tlačítko **Načíst nebo uložit**.
2. V dialogu **Načíst nebo uložit** se dovíme, že máme vybrat prázdnou oblast buněk pro uložení modelu.
3. Výběrem buněk zadáme oblast nebo začátek oblasti (viz obrázek 7.15).

Po klepnutí na tlačítko **Uložit** se do buněk A11:A20 uloží matematický model, který je zadán v Řešiteli (viz obrázek 7.15).



Obrázek 7.15 Uložený matematický model a dialog Načíst nebo uložit

Načtení uloženého matematického modelu

Uložený matematický model načteme do Řešitele tak, že:

1. V prázdném dialogu **Parametry Řešitele** (viz obrázek 7.13) klepneme na tlačítko **Načíst nebo uložit**.
2. V dialogu **Načíst nebo uložit** se dovíme, že máme do okna zadat oblast s uloženým modelem.
3. Výběrem zadáme buňky A11:A20 (viz obrázek 7.15).

Po klepnutí na tlačítko **Načíst** se do dialogu **Parametry Řešitele** načte uložený matematický model.

Možnosti nastavení řešení

Klepnutím na tlačítko **Možnosti** v dialogu **Parametry Řešitele** se zobrazí dialog **Možnosti** (viz obrázek 7.16), pomocí kterého lze upřesnit způsob řešení optimalizační úlohy.

Dialog **Možnosti** se skládá ze tří karet (viz obrázek 7.16):

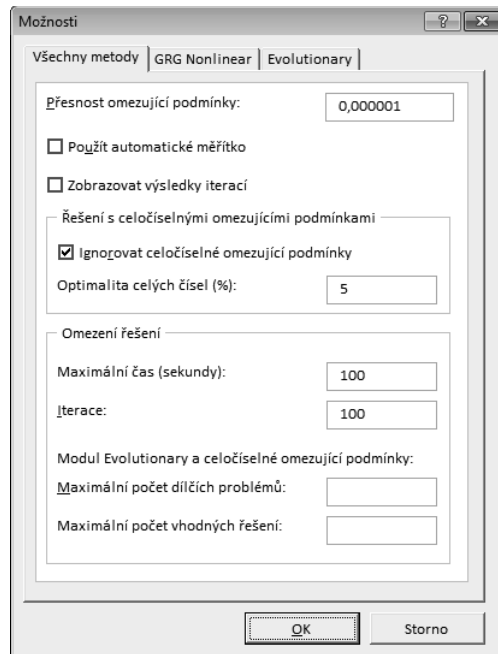
- Karta **Všechny metody** slouží pro základní nastavení u všech metod.
- Karta **GRG Nonlinear** slouží pro nastavení metody GRG Nonlinear.
- Karta **Evolutionary** slouží pro nastavení metody Evolutionary.

Jako výchozí se zobrazí karta **Všechny metody**, kterou budeme pro řešení našich problémů používat, protože velká většina praktických úloh se řeší pomocí metody LP Simplex.

Význam důležitých polí a tlačítek:

Přesnost omezující podmínky – ovládá přesnost řešení pomocí zadaného čísla určujícího, zda hodnota buňky s omezující podmínkou odpovídá požadované hodnotě nebo zda nepřesahuje horní či dolní mez. Přesnost musí být zadána jako desetinné číslo v rozmezí 0 (nula) až 1. Vyšší přesnosti můžeme dosáhnout, zadáme-li číslo s větším počtem desetinných míst. Hodnota 0,0001 označuje například vyšší přesnost než hodnota 0,01. Výchozí přesnost je nastavena na hodnotu 0,000001.

Automatické měřítko – zaškrtnutí políčka aktivuje automatickou úpravu měřítka v případech, kdy se výrazně liší velikost vstupů a výstupů, například při maximalizaci procenta zisku podle investic v milionech korun.



Obrázek 7.16 Dialog Možnosti

Zobrazit výsledek iterace – zaškrtnutí políčka způsobí, že po každé iteraci přeruší Řešitel výpočet a zobrazí výsledek iterace.

Ignorovat celočíselné podmínky – zaškrtnutí políčka způsobí, že budou ignorovány celočíselné podmínky a výsledek můžeme dostat v desetinných číslech. Pokud políčko nebude zaškrtnuto, dostaneme výsledek pouze v celých číslech.

Optimalita celých čísel (%) – ovládá přesnost celočíselného programování. Výchozí nastavení je 5 %.

Maximální čas – omezí dobu trvání procesu řešení. Do tohoto textového pole můžeme zadat hodnotu až 32 767, výchozí hodnota 100 (sekund) je však dostatečně dlouhá pro řešení většiny menších problémů.

Iterace – omezí dobu trvání výpočtu pomocí omezení počtu předběžných výpočtů. Do tohoto textového pole můžeme zadat hodnotu až 32 767, výchozí hodnota 100 je však dostatečně dlouhá pro řešení většiny menších problémů.

Optimalizace výroby pomocí Řešitele

V praxi se nástroj Řešitel nejvíce využívá pro řešení optimalizačních úloh lineárního programování. Postup řešení typické úlohy na optimalizaci výrobního programu nejlépe pochopíme na jednoduché praktické úloze. Při řešení této úlohy budeme klást hlavní důraz na metodu řešení.

Malá firma vyrábí dva výrobky. Pro jednoduchost je označíme A a B. K jejich výrobě potřebuje dvě suroviny, které označíme P a S. Výrobky se vyrábějí na strojovém zařízení Z a dokončují se ručně. Firma má k dispozici dostatečnou zásobu suroviny P a má i dostatek kvalifikovaných pracovních sil. Suroviny S má denně k dispozici 48 kg. Zařízení Z může být denně v provozu 6 hodin.

Podle technologických norem se na jeden kus výrobku A spotřebuje 10 minut strojového času a na jeden kus výrobku B se spotřebuje 20 minut strojového času. Oba výrobky spotřebují po dvou kg každé suroviny. Ručně se každý z nich opracovává čtvrt hodiny.

Předběžný průzkum trhu ukazuje, že zákazníci mají zájem o neomezené množství obou výrobků za smluvní cenu 30 Kč za jeden kus výrobku A a 80 Kč za jeden kus výrobku B. Podnikatel chce denní výrobní program sestavit tak, aby získal maximální zisk.

Ekonomický model

V ekonomickém modelu nejdříve popíšeme všechny činnosti a vybereme *omezující podmínky*, které je bezpodmínečně nutné zahrnout do modelu.

1. Firma provozuje dvě různé *činnosti*, výrobu výrobku A a výrobu výrobku B. Naším úkolem je určit, kolik kusů každého výrobku se denně vyrobí. Obě činnosti tedy zahrneme do modelu a stanovíme jednotky, ve kterých bude měřena jejich úroveň:
 - denní objem výroby výrobku A v kusech,
 - denní objem výroby výrobku B v kusech.
2. Dále určíme *omezující podmínky* nutné k zabezpečení výroby (omezující podmínky na straně vstupu). Protože z vyjmenovaných potřebných kapacit je omezen pouze disponibilní strojový čas a množství suroviny S, zahrneme do ekonomického modelu tato dvě omezení na straně vstupu:
 - kapacita zařízení Z = 6 hodin,
 - množství suroviny S = 48 kg.

Spotřeba těchto kapacit ve výrobě je dána technologickými normami. Ostatní podmínky výroby (surovinu P a kvalifikované pracovní síly) není třeba do modelu zahrnovat, protože jsou k dispozici v dostatečném množství. Pro výrobu tedy nejsou omezující a zbytečně by zvětšovaly rozměr modelu.

3. Za *cíl výroby* určíme maximální denní tržbu v Kč získanou prodejem vyrobených výrobků.



Poznámka: Tato fáze je velice důležitá, protože rozhoduje o tom, zda bude mít matematický model praktický význam. Musíme se správně rozhodnout, které veličiny do modelu zahrneme a které zanedbáme.

Pro přehlednost je vhodné uspořádat údaje ekonomického modelu do tabulky v Excelu, kterou vytvoříme v novém sešitě *Optimalizace* na listu *Ekonomický model* (viz obrázek 7.17), ve které:

- Do sloupců nadepíšeme činnosti.
- Do řádků nadepíšeme omezující podmínky.
- Jednotlivá políčka tabulky obsahují normy spotřeby.

- V posledním sloupci je uvedeno celkové disponibilní množství obou omezujících podmínek.
- V posledním řádku jsou uvedeny ceny a určení hledaného cíle (maximum tržby).



Poznámka: Celkovou kapacitu zařízení Z jsme převedli na jednotky shodné s normami spotřeby, tj. na minuty.

	A	B	C	D
1		Výrobek A	Výrobek B	Maximální hodnota
2	Zařízení Z (min.)	10	20	360
3	Surovina S (kg)	2	2	48
4	Tržba (Kč)	30	80	Max

Obrázek 7.17 Tabulka ekonomického modelu

Matematický model a jeho řešení

Tabulku, ve které máme ekonomický model, doplníme:

- o sloupec *Skutečná spotřeba* (skutečně spotřebované množství suroviny a kapacity zařízení),
- o sloupec *Rozdíl* (rozdíl mezi maximální hodnotou a skutečnou spotřebou),
- o řádek *Optimální výroba*, ve kterém bude vypočítáno optimální množství výrobku A a B, které se má vyrobit (viz obrázek 7.18).

Při formulaci matematického modelu vycházíme z již formulovaného ekonomického modelu:

Každé *činnosti* v ekonomickém modelu přiřadíme jednu proměnou. Každé *podmínce* ekonomického modelu přiřadíme nerovnici typu \leq , \geq , popř. rovnici. Formulujeme *účelovou funkci*, která je matematickým vyjádřením hledaného cíle.

Dvěma činnostem v ekonomickém modelu odpovídají v matematickém modelu dvě proměnné buňky B5 a C5:

- B5 je počet vyrobených kusů výrobku A za jeden den,
- C5 je počet vyrobených kusů výrobku B za jeden den.

Vlastní omezení se budou týkat strojového času zařízení Z a zásoby suroviny S. Tato omezení musí zabezpečit, že:

- strojový čas potřebný k výrobě optimálního počtu kusů výrobků A i B nepřesáhne 360 minut,
- celková spotřeba suroviny S nebude větší než 48 kg.

Jestliže počet vyrobených kusů výrobku A je B5 a na vyrobení jednoho kusu výrobku A potřebujeme 10 minut, potom celkový čas potřebný na výrobu všech výrobků A je $10 \cdot B5$ (výraz $10 \cdot B5$ znamená, že hodnota v buňce B5 je vynásobena číslem 10). Obdobně pro výrobu všech výrobků B to bude $20 \cdot C5$. Pro celkovou spotřebu strojového času pak dostaneme nerovnici:

$$10 \cdot B5 + 20 \cdot C5 \leq 360 \quad (7.4)$$

a pro spotřebu suroviny obdobnou úvahou dostaneme nerovnici:

$$2 \cdot B5 + 2 \cdot C5 \leq 48 \quad (7.5)$$

Význam levé a pravé strany nerovnic:

- Levá strana nerovnice (7.4) vyjadřuje skutečnou spotřebu strojového času zařízení Z v minutách.
- Levá strana nerovnice (7.5) vyjadřuje skutečnou spotřebu suroviny S v kg.
- Pravá strana nerovnice (7.4) určuje disponibilní množství strojového času v minutách.
- Pravá strana nerovnice (7.5) určuje zásobu suroviny S v kg.

Je zřejmé, že těmto omezením by vyhovovala i záporná množství výrobků (např. $B5 = -10$, $C5 = -20$), což je z ekonomického hlediska nemožné. Proto definujeme ještě podmínky nezápornosti: $B5 \geq 0$, $C5 \geq 0$

Cíl modelu, tj. maximální denní tržbu, vyjádříme účelovou funkcí:

$$\text{Max } E4 = 30 \cdot B5 + 80 \cdot C5 \quad (7.6)$$

Z ekonomického hlediska představuje přípustné řešení dané úlohy takový objem všech činností, který je realizovatelný s danými kapacitami a splňuje i výstupní podmínky. Např. $B5 = 10$, $C5 = 10$ (výroba 10 ks výrobku A a 10 ks výrobku B) je přípustné řešení, zatímco $B5 = 20$, $C5 = 20$ je řešení nepřípustné stejně jako $B5 = -5$, $C5 = 100$. Přípustných řešení je celá řada a každému odpovídá určitá hodnota účelové funkce. Naší snahou je najít takové řešení, kterému bude odpovídat největší (maximální) hodnota účelové funkce. To znamená, že hledáme optimální řešení matematického modelu úlohy, které je dáno soustavou omezení (lineární nerovnice) a účelovou funkcí:

$$\begin{aligned} 10 \cdot B5 + 20 \cdot C5 &\leq 360 \\ 2 \cdot B5 + 2 \cdot C5 &\leq 48 \\ B5 &\geq 0 \\ C5 &\geq 0 \\ \text{Max } E4 &= 30 \cdot B5 + 80 \cdot C5 \end{aligned} \quad (7.7)$$



Poznámka: Soustavu (7.7) nelze zapsat přímo do tabulky v Excelu. Musíme to vyřešit tak, že do jedné buňky zapišeme vzorec nebo hodnotu levé strany a do jiné buňky vzorec nebo hodnotu pravé strany. Obě strany (buňky) porovnáme relačním operátorem (\leq , \geq , $=$), který zadáme nástrojem Řešitel.

Optimální řešení této úlohy získáme v Excelu pomocí nástroje Řešitel tak, že soustavu (7.7) vyjádříme formou vzorců zapsaných do tabulky v Excelu a omezujících podmínek zadaných v Řešiteli.

1. Pro výpočet skutečné spotřeby kapacity zařízení Z vložíme do buňky E2 vzorec:

$$=B2*\$B\$5+C2*\$C\$5 \quad (7.8)$$

2. Vzorec zkopírujeme do buněk E3 a E4, ve kterých pak budou vzorce:

$$=B3*\$B\$5+C3*\$C\$5 \quad (7.9)$$

$$=B4*\$B\$5+C4*\$C\$5 \quad (7.10)$$

3. Do buňky F2 vložíme vzorec pro výpočet rozdílu mezi maximální hodnotou a skutečnou spotřebou strojového času zařízení Z:

$$=D2-E2. \quad (7.11)$$

4. Vzorec zkopírujeme do buňky F3 a dostaneme rozdíl mezi maximální hodnotou a skutečnou spotřebou suroviny S:

$$=D3-E3. \quad (7.12)$$

Po zadání všech vzorců dostaneme tabulku ve tvaru na obrázku 7.18.

	A	B	C	D	E	F
1		Výrobek A	Výrobek B	Maximální hodnota	Skutečná spotřeba	Rozdíl
2	Zařízení Z (min.)	10	20	360	0	360
3	Surovina S (kg)	2	2	48	0	48
4	Tržba (Kč)	30	80	Max	0	
5	Optimální výroba (ks)					

Obrázek 7.18 Tabulka optimalizačního modelu se zadanými vzorci

Mezi vzorci v Excelu a nerovnicemi platí tyto vztahy:

- Vzorec (7.8) odpovídá levé straně nerovnice (7.4), kde B2 a C2 jsou adresy buněk, ve kterých jsou normy spotřeby strojového času zařízení Z v minutách (10 a 20). Tyto buňky jsou adresovány relativně tak, abychom při kopírování obsahu buňky E2 do buněk E3 a E4 dostali vzorce pro výpočet skutečné spotřeby suroviny S a tržby. \$B\$5 a \$C\$5 jsou absolutní adresy buněk B5 a C5. Adresace těchto buněk musí být absolutní, protože při kopírování vzorce musí zůstat stejné.
- V buňce E3 je pak vzorec (7.9), který odpovídá levé straně nerovnice (7.5) a slouží k výpočtu skutečné spotřeby suroviny S.
- V buňce E4 je vzorec (7.10) pro výpočet tržby, který odpovídá pravé straně rovnice (7.6).
- V buňkách E2, E3 a E4 nejsou zapsány nuly, nýbrž vzorce (7.8), (7.9) a (7.10).
- Vypočítaná hodnota u těchto vzorců se rovná nule, protože proměnné buňky B5 a C5 jsou prázdné.
- Pokud je buňka prázdná, pak se to ve vzorci projeví tak, že počítá s nulovou hodnotou v této buňce.

Pokud si chceme zkontrolovat tabulku i se zapsanými vzorci v jednotlivých buňkách, pak budeme postupovat následovně:

1. Zvolíme kartu **Vzorce**.
2. Klepneme ve skupině **Závislosti vzorců** na položku **Zobrazit vzorce**.



Tip: Pomocí tabulky na obrázku 7.18 můžeme zjistit, zda je námi navržené řešení úlohy z ekonomického hlediska přípustné. Stačí, když do proměnných buněk B5 a C5 zapíšeme počty vyrobených kusů

výrobních A a B. Řešení je z ekonomického hlediska přípustné, pokud vypočítané hodnoty ve sloupci *Rozdíl* nebudou záporné (skutečná spotřeba nebude větší než disponibilní množství). Získáme tak informaci, jestli jsme schopni požadované množství výrobků A a B vyrobit a jaký budeme mít zisk (buňka E4).

Omezující podmínky, které jsou vyjádřeny soustavou nerovnic (7.7), můžeme dostat tak, že vytvoříme vztahy mezi skutečnou spotřebou (vzorce v buňkách E2 a E3) a maximální hodnotou (hodnoty v buňkách D2 a D3) ve tvaru:

$$E2 \leq D2 \quad (7.13)$$

$$E3 \leq D3 \quad (7.14)$$

Podmínky nezápornosti budou mít tvar:

$$B5 \geq 0 \quad (7.15)$$

$$C5 \geq 0 \quad (7.16)$$

Pokud se vyrábějí výrobky jako celé kusy, nelze připustit výsledek ve tvaru desetinného čísla (např. 20,45). Potom je nutné přidat ještě podmínku celočíselnosti na proměnné buňky:

$$B5 = \text{celé_číslo} \quad (7.17)$$

$$C5 = \text{celé_číslo} \quad (7.18)$$

kteřá zajistí, že při výpočtu optimálních hodnot se bude počítat s celočíselnými hodnotami proměnných buněk (počty kusů výrobků A a B).

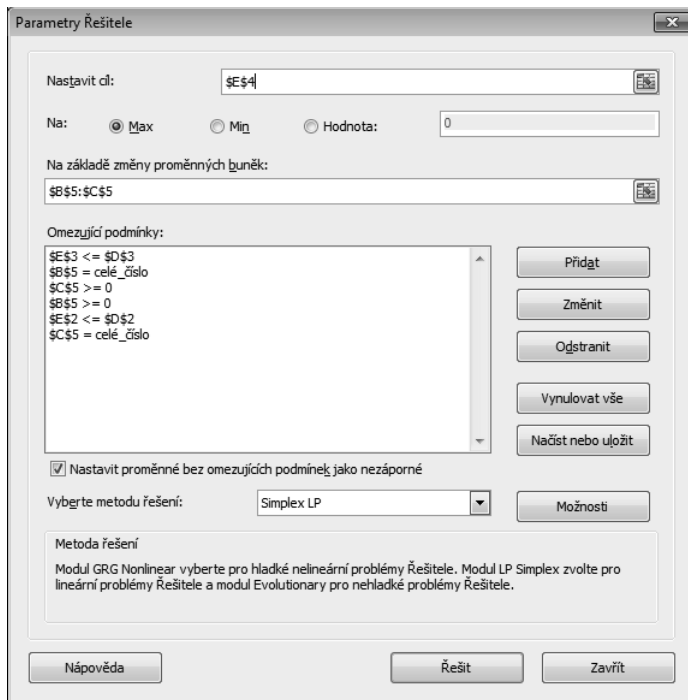
Všechny tyto podmínky zadáme pomocí nástroje Řešitel: kurzor umístíme do buňky E4, jejíž hodnotu maximalizujeme. Na kartě **Data** ve skupině **Analýza** klepneme na položku **Řešitel**.

Zobrazí se dialog **Parametry Řešitele**, ve kterém je už vyplněn parametr **Nastavit cíl**, který je nastaven na buňku, v níž jsme měli umístěn kurzor před spuštěním Řešitele (E4) (viz obrázek 7.19).

1. V nabídce **Na** volíme **Max**.
2. Výběrem zadáme do okna **Na základě změny proměnných buněk buňky** B5 a C5, tj. buňky, do nichž bude spočtena výroba výrobků A a B.
3. Označíme zaškrtnutím políčko **Nastavit proměnné bez omezujících podmínek jako nezáporné** (tato volba zajistí, že proměnné nebudou nabývat záporných hodnot).
4. V rozevíracím seznamu **Vyberte metodu řešení** zvolíme **Simplex LP**.
5. *Omezující podmínky* vytvoříme klepnutím na tlačítko **Přidat**.

Zobrazí se dialog **Přidat omezující podmínku** (viz obrázek 7.14).

1. Do oken **Odkaz na buňku** a **Omezující podmínka** zadáme adresy buněk, mezi kterými vytváříme požadované vztahy (relace).
2. Z nabídky uprostřed vybereme příslušný relační operátor (např. \leq).
3. Nastavení potvrdíme klepnutím na tlačítko **OK**.



Obrázek 7.19 Dialog Parametry Řešitele



Důležité: Je nutné vybrat metodu **Simplex LP**, protože jinak bychom neřešili naši úlohu jako lineární, nýbrž jako obecně nelineární. Používali bychom zbytečně komplikovanější a časově náročnější metodu: v dialogu **Parametry Řešitele** (viz obrázek 7.19) klepneme na tlačítko **Možnosti**. V dialogu **Možnosti** zrušíme označení zaškrtnávacího políčka **Ignorovat celočíselné omezující podmínky** (viz obrázek 7.16).

Řešení naší úlohy dostaneme klepnutím na tlačítko **Řešit** v dialogu **Parametry Řešitele**. Zobrazí se dialog **Výsledky Řešitele**, ve kterém je zpráva o tom, že Řešitel našel řešení, které splňuje všechny omezující podmínky a podmínky optimálnosti.

Klepnutím na tlačítko **OK** v dialogu **Výsledky Řešitele** se v tabulce do proměnných buněk B5 a C5 zapíše optimální řešení 0 a 18. V buňce E4 je zapsán maximální zisk 1 440 (viz obrázek 7.20).

Ekonomická interpretace a analýza výsledků

V tabulce jsou uvedena čísla, která je zapotřebí interpretovat tak, aby jim rozuměl uživatel v praxi. Optimální výrobní program získáme tak, že budeme vyrábět 18 kusů výrobku B a výrobek A vyrábět nebudeme. Dosáhneme tak za daných omezujících podmínek maximálního zisku 1 440 Kč.

Další důležité údaje jsou ve sloupci *Rozdíl*. Vidíme, že kapacita zařízení Z byla vyčerpána beze zbytku a suroviny S zbylo 12 kg.

	A	B	C	D	E	F
1		Výrobek A	Výrobek B	Maximální hodnota	Skutečná spotřeba	Rozdíl
2	Zařízení Z (min.)	10	20	360	360	0
3	Surovina S (kg)	2	2	48	36	12
4	Tržba (Kč)	30	80	Max	1440	
5	Optimální výroba (ks)	0	18			

Obrázek 7.20 Tabulka výsledků

Po interpretaci optimálního řešení je vhodné přistoupit k jeho analýze. Matematický model dává odpovědi na řadu otázek typu:

- O kolik je možné snížit zásobu suroviny S, která je zbytečně velká?
- Je užitečné zvýšit disponibilní množství strojového času?
- Jaký vliv by mělo na tržbu zahájení výroby výrobku A, který je spotřebiteli žádán?

K těmto otázkám pak můžeme přidat celou řadu dalších.

Z výsledné tabulky na obrázku 7.20 vidíme, že můžeme snížit zásobu suroviny S na 36 kg, aniž by se změnil výsledek.

Scénáře

Scénář je pojmenovaná množina (soubor) hodnot buněk. Každá množina hodnot je jeden scénář. Výběrem scénáře se změní hodnoty v buňkách. Scénáře jsou nástrojem pro simulaci různých stavů. Umožňují v jedné tabulce zobrazit různé kombinace dat a tak nahradit mnoho tabulek.

- Scénáře má význam vytvářet pro buňky, ve kterých se mění hodnoty. Scénář obsahuje hodnoty, ne formáty. Nelze jej zkopírovat, musí se vytvořit znovu.
- Jeden scénář může mít až 32 měněných buněk. Více buněk rozdělíme do více scénářů.
- Oblast měněných buněk musí být na jednom listu, nemusí tvořit souvislou oblast a může být pojmenovaná. Oblasti se mohou překrývat.
- Měněná buňka může obsahovat jen konstantu. Vzorec bude přepsán výsledkem.

Postup vytvoření scénáře:

1. Zvolíme kartu **Data**.
2. Klepneme ve skupině **Datové nástroje** na položku **Citlivostní analýza**.
3. Volíme **Správce scénářů** (viz obrázek 7.21).
4. V dialogu **Správce scénářů** (viz obrázek 7.24) klepneme na tlačítko **Přidat** a zobrazí se dialog **Přidat scénář**.
5. Do textového pole **Název scénáře** zadáme název scénáře (například *Varianta1*).