**Kísérlettervezés**

**Kétszintes teljes faktortervek**

**példa: 24 faktorterv**

Kétszintes faktoros kísérleteket fogunk tervezni és az eredményeket értékelni. Példaként a Box, - Hunter - Hunter: "Process development study" szolgál (Box - Hunter - Hunter: Statistics for experimenters, John Wiley & Sons, 1978, p.324). A katalizátor mennyiségének, a reaktor hômérsékletének, a nyomásnak és a koncentrációnak a hatását vizsgálták a kémiai reaktorban elért konverzióra (a reakcióba lépett anyagmennyiség a kiindulási anyagmennyiségre vonatkoztatva %-ban). Minden faktort két szinten vizsgáltak.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Faktor | | − | + |
| A | katalizátor mennyiség (lb) | 10 | 15 |
| B | hômérséklet (°C) | 220 | 240 |
| C | nyomás (psi) | 50 | 80 |
| D | koncentráció (%) | 10 | 12 |

1. Elôször elôállítjuk a kísérleti tervet.

*Statistics>Industrial Statistics & Six Sigma>Experimental Design (DOE)>  
a Quick* fülön*: 2\*\*(K-p) standard designs (Box, Hunter & Hunter) >OK*

*Design experiment* fülön:

*Number of factors*: 4

F*actors/blocks/runs*: 4/1/16 (mivel 4 faktorunk van, 1 blokkban kívánjuk

a kísérletsorozatot végrehajtani, ez 16 kísérletet jelent)

**Kérdés:** Milyen tervtípusokat kínál föl a program kétszintes faktorokra?

*>OK*

Megjelenik a “Design of an Experiment with Two-Level Factors” párbeszéd panel. A táblázatok és diagramok jobb olvashatósága érdekében a faktorok nevét és szintjeiket is megjelenítjük.

A *Quick* fülön kattintsunk a *Change factor names, values etc*. gombra és a feltáruló ablakban a Factor name oszlopba A, B, C, D helyére írjuk be a négy faktor nevét: catalyst, temperat, pressur, concentr (ha a teljes neveket ki akarjuk írni, az oszlop szélességét a Toolbar megfelelô ikonjára kattintva növelni kell) a Low value és a High value oszlopokat értelemszerűen töltsük ki (a catalyst faktorra pl. 10 ill. 15). A C/Q oszlopban hagyjuk mindenütt a C betűt, jelölve, hogy a faktorok mindegyike folytonos. Utána: *OK*

**Kérdés:** Ha nem a katalizátor mennyisége, hanem a típusa (A vagy B) lenne a faktor, mit írna az utolsó oszlopba?

* A *Display design* fülön (innen is behívhattuk volna az előbbi párbeszédablakot):

Denote factors: *by Names* (a táblázatokban a faktorok nevükkel)

Order of runs: *Standard order* (most nem randomizálunk)

Show in Spreadsheet: *Mini/maxima* (a táblázatokban a faktorok szintjei számszerűen szerepelnek)

* *Add to the design* fülön:

blank columns: 1 (ebbe az új oszlopba írjuk majd a függő változó, a conversion mért értékeit), a többit változatlanul hagyjuk 0 értéken

A *Display design* (vagy a *Quick*) fülön a *Summary:* *Display design* gombra kattintva megjelenik egy ablak, amely tartalmazza a tervet, és az üres oszlopot (DV\_1). Ugyanide jutunk, ha a párbeszéd ablak jobb oldalán lévő *Summary* gombra kattintunk.

2. Az üres oszlop nevét változtassuk meg DV\_1-rôl conversi-re (jobb egérgomb, *Variable Specs* ..., vagy 2\**clikk* az oszlopon) és írjuk be ebbe az oszlopba az eredményeket, a megfelelő sorrendben (71, 61, 90, ...).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Design: 2\*\*(4-0) design | | | | | |
|  | CATALYST | TEMPERAT | PRESSURE | CONCENTR | CONVERSI |
| 1 | 10 | 220 | 50 | 10 | 71 |
| 2 | 15 | 220 | 50 | 10 | 61 |
| 3 | 10 | 240 | 50 | 10 | 90 |
| 4 | 15 | 240 | 50 | 10 | 82 |
| 5 | 10 | 220 | 80 | 10 | 68 |
| 6 | 15 | 220 | 80 | 10 | 61 |
| 7 | 10 | 240 | 80 | 10 | 87 |
| 8 | 15 | 240 | 80 | 10 | 80 |
| 9 | 10 | 220 | 50 | 12 | 61 |
| 10 | 15 | 220 | 50 | 12 | 50 |
| 11 | 10 | 240 | 50 | 12 | 89 |
| 12 | 15 | 240 | 50 | 12 | 83 |
| 13 | 10 | 220 | 80 | 12 | 59 |
| 14 | 15 | 220 | 80 | 12 | 51 |
| 15 | 10 | 240 | 80 | 12 | 85 |
| 16 | 15 | 240 | 80 | 12 | 78 |

A “File” menüben a “Save as” lehetőség arra szolgál, hogy a scrollsheet-et elmenthessük Data file-ként: *File>Save as*, adjunk nevet, pl. *procdev1*

3. Most földolgozzuk az eredményeket. Ehhez először visszatérünk a “*Design & Analysis*” ablakba (*Design & Analysis>Cancel>Cancel*) és beolvassuk az imént elkészült adatállományt.

*Open Data>Files ……: procdev1.sta>OK  
>2\*\*(K-p) standard designs (Box, Hunter & Hunter) >OK*

*Analyse results>Variables*

*Dependent var.: CONVERSI;*

*Indep. (factors): CATALYST, TEMPERAT, pressure, CONTENTR*

*>OK>OK*

A *Model* fülön válasszuk a *3-way interactions* lehetőséget (a modell a 3 és annál kisebb faktort tartalmazó kölcsönhatásokat tartalmazza a főhatásokon kívül).

A *Quick* fülön a *Summary: Effect estimates* gombra kattintva megjelennek a hatások és értékelésük.

Az *Effect* oszlopban vannak a hatások, piros színnel a statisztikai próba szerint jelentôsek, t alatt a próbastatisztika kiszámított értékei, a p oszlopban pedig annak valószínűsége, hogy ekkora hatást milyen valószínűséggel észlelhetnénk az ingadozások következtében akkor, ha a valóságban nem létezne. Kiszámítódik a hatások konfidencia-intervalluma, a regressziós koefficiensek értéke, azok konfidencia-intervalluma.

**Kérdés:** Mi a hatása annak, ha a katalizátor mennyiségét az alsó szintjéről (10) a fölső szintjére (15) változtatja? Mi a *t*-próbánál a nullhipotézis? Mekkora a *t*0 próbastatisztika szabadsági fokszáma? Miért? Ehhez mekkora az 5%-os kritikus érték? Honnan van *t*0 nevezőjében a szórás? Ha a négyfaktoros kölcsönhatást is kiértékelnénk, mennyi lenne a szabadsági fokszám?

Ugyanitt (*Analysis of an Ex….Quick* fül) az *ANOVA table* gombra kattintva SS alatt a négyzetösszegeket, df alatt ezek szabadsági fokszámát, MS néven a közepes négyzetösszeget vagy szórásnégyzetet, F néven az F-statisztika kiszámított értékét, a p oszlopban pedig a föntebbinek megfelelő valószínűséget kapjuk.

4. Most grafikus vizsgálatokat végzünk.

Ugyanitt (*Analysis of an Ex….Quick* fül) *Pareto chart of effects* gombjára kattintva az ún. Pareto-diagramot kapjuk

**Kérdés:** Mi látszik a Pareto-diagramból? Melyik hatásokat minősítené szignifikánsnak?

Az *ANOVA/Effects* fülön a *Normal probability plot* gomb lenyomására kapjuk az ún. normal probability plot-ot.

Hogy a képet világosabbá tegyük, húzzunk egyenest az ábra közepén sorba rendeződött 12, 13, 14, 34, 23 kölcsönhatások pontjaihoz. Az eszköztár (Toolbar) jelenleg aktív ikonjait számítva jobbról a harmadik ikonjára (*Polygon*) kattintva az egérrel mozgatható nyíl ceruzává változik, amellyel kijelölhetjük az ábrán az egyenes kezdőpontját.

Helyezzük ezt a ceruzát az ábrán az *x*=7, *y*=2.7 pont közelébe, és *click* (egyszer kattintsunk a bal egérgombbal, mert kétszeri kattintásra a ceruza eltűnik és ismét a nyilat kapjuk). Az egyenes kijelölt kezdőpontjában egy ceruza jelenik meg. Ha az egér bal oldali gombját a kattintás után folyamatosan lenyomva tartanánk, és így mozgatnánk, akkor szabad kézzel rajzolhatnánk az ábrán. Nekünk egyenest kell húzni, amihez az szükséges, hogy az egérgombot a kattintás után azonnal engedjük el. Ebben az esetben a ceruzát az egérrel elmozdítva tulajdonképpen a leendő egyenes végpontját mozgatjuk (a rögzített kezdőpont és a mozgó ceruza “hegye” között egyenes vonalat kapunk).

Rajzoljuk meg a kívánt egyenest. Elsősorban az egyenes iránytangensére ügyeljünk, mert az egyenes helyzete az ábrán később megváltoztatható. Az egyenes végpontjában kattintsunk kétszer a bal egérgombbal (*2\*cklick*). Ha nem sikerült eltalálnunk a megfelelő kezdőpontot és ezért az egyenes nem választott öt kölcsönhatás között helyezkedik el, de iránytangense megfelelő, a nyilat ábrázoló ikonra (*Selection Tool*) kattintás után az egyenesre rákattintva mozdítsuk el a megfelelő helyre.

**Kérdés:** Mit lát, mi szignifikáns?

A *Means* fülön, a bal alsó sarokban a piros ábrát mutató *Means plot* gombbal lehetőséget adunk 3 faktor hatásának grafikus vizsgálatára. A kinyíló ablakban válasszuk ki az 1., 2. és 4. faktorokat (Ctrl billentyű + egér bal gombjának együttes használata!), az ábrabeli elhelyezkedésre pedig Line pattern: CONCENTR, x-axis, upper: TEMPERAT, x-axis, lower: CATALYST legyen a választás. A bal oldali ábra a katalizátor (1. faktor) alsó szintjére, a jobb oldali a fölső szintjére vonatkozik. Mindkettőről az látszik, hogy ha a hőmérséklet értékét az alsó szintről a fölsőre növeljük (az abszcisszán 220-ról 240-re), a konverzió (conversi) megnő ugyan, de a vonalakkal megjelenített koncentráció (4. faktor) fölső szintjén (12, piros vonal) jobban, alsó szintjén (10, kék vonal) kevésbé.

**Kérdés:** Mely kölcsönhatások látszanak nagyobbnak az ábrából? Hogy nézne ki az ábra, ha nem lennének kölcsönhatások?

1. A faktoros terv értékelésekor lineáris modellt illesztettünk a terv adataira. A regresszió alapfeltételezéseinek teljesülését (az  hibák egymástól függetlenek, varianciájuk konstans, az Y és x közötti "valódi" függvénykapcsolat lineáris) ellenőrizni kell. Erre nyílik lehetőség, a *Residual plots* fülre kattintva:

* Ha az alkalmazott lineáris modell adekvát (a valódi függvény lineáris), a reziduumok eloszlásának típusa, várható értéke és varianciája megegyezik a mérési hibáéval. A reziduumok eloszlását grafikusan vizsgálhatjuk. Készítsük el a gyakorisági hisztogramot: (*Histogram of resids*). A hisztogram alakja megfelel a normális eloszlásnak.

A reziduumok normális eloszlását ellenőrizhetjük a "*Prob.* p*lot of resids*" mezőben lévő *Normal plot* gombbal elôállítható ábrán is. Ha a reziduumok normális eloszlást követnek, a pontok az ábrán piros színnel berajzolt egyenes mentén helyezkednek el, nem találunk kiugró pontot, vagy szisztematikus eltérést. Esetünkben elfogadhatjuk, hogy a reziduumok normális eloszlást követnek.

A reziduumokat a mért y értékek függvényében is vizsgálhatjuk (*Observed vs. residual values*). Ha a mérési hiba varianciája konstans, a reziduumok véletlenszerűen szórnak zérus körül, függetlenül y mért értékétől (Observed). Ha pl. a variancia y értékével növekedne, a reziduumok sávja szélesedne a nagyobb y értékek irányában. Ha nem megfelelő függvényt illesztettünk (a lineáris modell nem adekvát) a reziduumoknak menete, görbülete van.

**Kérdés:** Lát-e említésre méltó rendellenességet valamelyik reziduum-ábrán?

Megtehetjük, hogy a feldolgozásból most már kihagyjuk azokat a hatásokat, amelyek nem bizonyultak jelentősnek. Ennek az a haszna, hogy nagyobb szabadsági fokszámú reziduális szórásnégyzetet kapunk, ezáltal a további statisztikai vizsgálatok és számítások élesebbé válnak, a faktorok előbb kiszámított hatásai nem változnak meg (az ortogonalitás miatt a hatások egymástól függetlenek, és ha valamelyiket elhagyjuk, az nincs befolyással a többire).

1. Az *Analysis of Exp...* ablakba visszatérve, a *Model* fülön, az “Include in model” csoportban az “Ignore some effects” cím melletti kockára kattintsunk ( jelenik meg), a föltáruló menüben a kölcsönhatások közül jelöljük ki mindegyiket, kivéve a 2by4 interakciót (ugyanide jutunk, ha az *Effects to ignore* gombra kattintunk).

**Kérdés:** Mekkora lesz így a t0 próbastatisztika szabadsági fokszáma?

**Kétszintes rész-faktortervek**

**példa: 27-4 rész-faktorterv**

Kétszintes rész-faktortervet fogunk készíteni és az eredményeket értékelni. Példaként a Box - Hunter - Hunter: "Bottleneck at the filtration stage of an industrial plant" példa szolgál (a továbbiakban szűrési probléma) (Box - Hunter - Hunter: Statistics for experimenters, John Wiley & Sons, 1978, p.424).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Faktorok | − | + |
| water supply | town reserrvoir | well |
| raw material | on site | other |
| temperature | low | high |
| recycle | yes | no |
| caustic soda | fast | slow |
| filter cloth | new | old |
| holdup time | low | high |

Az újonnan létesített vegyi üzemben a szűrési művelet lényegesen hosszabb ideig tart, mint a régi üzemben. Tervezett kísérleteket végeznek annak eldöntésére, hogy a szűrési művelet körülményeiben a két üzemben meglévő különbségek közül melyek okozzák a szűrési idő megnövekedését. A műszaki megbeszélések alapján az alábbi hét faktort vonták be a vizsgálatba, mindegyiket 2 -2 szinten (minőségi faktorok). Első lépésként 8 kísérletet végeztek, azaz 2(7-4) részfaktortervet hajtottak végre.

1. Elôször elôállítjuk a kísérleti tervet.

*Statistics>Industrial Statistics & Six Sigma>Experimental Design (DOE)>  
a Quick* fülön*: 2\*\*(K-p) standard designs (Box, Hunter & Hunter) >OK*

*Design experiment* fülön:

*Number of factors*: 7

F*actors/blocks/runs*: 7/1/8 (mivel 7 faktorunk van, 1 blokkban kívánjuk

a kísérletsorozatot végrehajtani, ez 8 kísérletet jelent)

*>OK*

A *Display design* fülön kattintsunk a *Change factor names, values etc*. gombra :

* a Factor name oszlopba A, B, C, D stb. helyére írjuk be a hét faktor nevét.
* A Low value és a High value oszlopokat hagyjuk változatlanul (-1 és +1), a Low label és High label oszlopokat értelemszerűen töltsük ki (a water faktorra pl. town ill. well)
* a C/Q oszlopba írjunk mindenütt Q betűt, jelölve, hogy a faktorok mindegyike minôségi (kategorikus)
* *OK*
* A *Display design* fülön az “Order of runs mezőben” azt állíthatjuk be, hogy a generált tervben a végrehajtandó faktorszint-kombinációk milyen sorrendben jelenjenek meg. Az esetek többségében a véletlen sorrend ajánlható (Random), de lehetőség van a Standard sorrend választására is. Mivel most irodalmi példát fogunk elemezni, az utóbbi lehetőséget választjuk (*Standard order*).
* A *Display design* fülön a “Show (in Spredsheet)” mezőben a *Text labels* lehetőséget választjuk, mivel a faktorok szintjeit névvel kívánjuk szerepeltetni a tervlapon.
* *Add to the design* fülön:

blank columns: 1 (ebbe az új oszlopba írjuk majd a függő változó, a ftime mért értékeit), a többit változatlanul hagyjuk 0 értéken

Minthogy részfaktortervrôl van szó, a hatások keveredni fognak egymással. A keveredési rendszert megkapjuk, ha a *Generations & alaises* fülön az *Aliasing of effects* vagy az *Alias matrix* gombok valamelyikére kattintunk (mindkét esetben két táblázatot kapunk. A második táblázatból könnyen megállapítható pl., hogy a 2. faktor (raw material) hatása keveredik az 14, 36, 57 kölcsönhatásokkal, s.i.t.

**Kérdés:** Mivel keveredik össze az 1. faktor hatása?

A *Summary* gombra kattintva előálló ablak tartalmazza a tervet, és az üres DV\_1 oszlopot.

Az üres oszlop nevét változtassuk meg DV\_1-rôl ftime-re -re (jobb egérgomb, *Variable Specs* ..., vagy 2\**clikk* az oszlopon) és írjuk be ebbe az oszlopba az eredményeket, a megfelelő sorrendben.

Írjuk be az ftime oszlopba az eredményeket, a megfelelô sorrendben (68.4, 77.7, 66.4, ...)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Design: 2\*\*(7-4) design (filtr\_1.sta) | | | | | | | | |
|  | WATER | RAW | TEMP | RECYCLE | CAUSTIC | CLOTH | HOLDUP | FTIME |
| 1 | town | site | low | no | slow | old | low | 68.4 |
| 2 | well | site | low | yes | fast | old | high | 77.7 |
| 3 | town | other | low | yes | slow | new | high | 66.4 |
| 4 | well | other | low | no | fast | new | low | 81.0 |
| 5 | town | site | high | no | fast | new | high | 78.6 |
| 6 | well | site | high | yes | slow | new | low | 41.2 |
| 7 | town | other | high | yes | fast | old | low | 68.7 |
| 8 | well | other | high | no | slow | old | high | 38.7 |

*File>Save as*, megadunk egy nevet, pl. *filtr\_1*

2. Most földolgozzuk az eredményeket. Ehhez először visszatérünk a “Design & Analysis” ablakba (*Design & Analysis>Cancel>Cancel*) és beolvassuk az imént elkészült adatállományt.

*Open Data: filtr\_1.sta>OK>2\*\*(K-p) standard designs (Box, Hunter & Hunter) >OK*

*Analyse results* fülön:

A *Variables* gombot lenyomva adódó ablakban kijelöljük a függő és független (faktor) változókat.

A *Quick* fülön a *Summary: Effect estimate* gombra kattintva megjelennek a hatások és a regressziós koefficiensek. Egyik sor se piros, nincs is szignifikancia-vizsgálat, mert pont annyi együtthatót (7 faktor hatása és az átlag) illesztettünk, ahány mérési adatunk volt, vagyis a statisztikai próbához nincs szórásnégyzet és szabadsági fokszám. Ebből a táblázatból ezért csak kvalitatív következtetéseket vonhatunk le, amelyeket a grafikus vizsgálattal is alátámasztunk (*Pareto chart of effects*), nézzük meg ezeket. A Pareto diagram készítésekor megjelenő üzenetet *OK*-val nyugtázzuk (csak maguk az effektusok lesznek az ábrán).

Látszik, hogy az 1., 3. és 5. faktorok hatásosak, vagy pedig azok az interakciók, amelyek e hatásokkal keverednek, ezt csak további kísérletekkel vizsgálhatjuk.

**Kétszintes rész-faktortervek + foldover**

**példa: 27-4 rész-faktorterv + foldover**

27-4 rész-faktorterv + foldover tervet fogunk készíteni. Példaként az előző gyakorlatban már megismert szűrési probléma szolgál.

Az előző gyakorlatban előállított 27-4 rész-faktorterv kiértékelésekor nem tudtuk a főhatásokat elválasztani a faktorok közötti interakcióktól (a terv feloldóképessége III volt). Ha a feloldóképességet IV-re növeljük, azaz u.n. **foldover** tervet hozunk létre, a főhatások nem keverednek a kétfaktoros (elsôrendű) interakciókkal. Ekkor az új részfaktortervet (ebben az esetben a 27-4 ) úgy adjuk hozzá az eredetihez, hogy a faktorok szintjeit ellenkező előjelűre választjuk. Tehát összesen 2\*8 = 16 kísérletet kell elvégezni (Box - Hunter - Hunter: Statistics for experimenters, John Wiley & Sons, 1978, p.324).

1. Elôször elôállítjuk a kísérleti tervet.

*Statistics>Industrial Statistics & Six Sigma>Experimental Design (DOE)>  
a Quick* fülön*: 2\*\*(K-p) standard designs (Box, Hunter & Hunter) >OK*

*Design experiment* fülön:

*Number of factors*: 7

F*actors/blocks/runs*: 7/1/8 (mivel 7 faktorunk van, 1 blokkban kívánjuk

a kísérletsorozatot végrehajtani, ez minimum 8 kísérletet

jelent; ezen a helyen a kísérletek számának megadásánál a foldover-t még nem kell számításba venni)

*>OK*

A *Display design* fülön kattintsunk a *Change factor names, values etc*. gombra :

* a Factor name oszlopba A, B, C, D stb. helyére írjuk be a hét faktor nevét.
* A Low value és a High value oszlopokat hagyjuk változatlanul (-1 és +1), a Low label és High label oszlopokat értelemszerűen töltsük ki (a water faktorra pl. town ill. well)
* a C/Q oszlopba írjunk mindenütt Q betűt, jelölve, hogy a faktorok mindegyike minôségi (kategorikus)
* *Add to the design* fülön:

kattintsunk a *Foldover (enhance resolution)-*ra ( jelenik meg előtte),

blank columns: 1 (ebbe az új oszlopba írjuk majd a függő változó, az ftime mért értékeit), a többit változatlanul hagyjuk 0 értéken

* Ha a *Generations & alaises* fülön az *Aliasing of effects* vagy az *Alias matrix* gombok valamelyikére kattintunk, a program az eredeti (8 kísérletből álló) R = III feloldóképességű terv keveredési rendszerét mutatja. A Foldover "bekapcsolása" megszünteti a főhatások keveredését a kétfaktoros interakciókkal (2-way interaction), a terv feloldóképessége R = IV lesz, de a program az ehhez tartozó (módosított) keveredési rendszert itt nem mutatja.
* Az *Aliases matrix* gombra kattintva kapjuk főhatások és a 2 faktoros kölcsönhatások (2-way interaction) korrelációs mátrixát.

Ez már nem az eredeti (8 kísérletbôl álló) R = III feloldóképességű terv keveredési rendszerét mutatja, hanem az új (foldover) tervét, melyben a főhatások nem keverednek a kétfaktoros interakciókkal. A terv feloldóképessége R = IV lesz. Az alábbi táblázatot számokkal jelölt faktorokkal generált tervvel hoztuk létre, hogy a rendelkezésre álló helyen az egész mátrix elférhessen.

Amelyik hatás (főhatások: 1 ..7, kölcsönhatások: 1\*2, 1\*3, stb.) sorában az 1 az átlón kívül máshol is előfordul, ott a sorhoz tartozó hatás keveredik az 1-el kijelölt oszlophoz tartozó hatással. Látható, hogy a főhatások soraiban csak az átlóban van 1, tehát sem egymással sem a 2-faktoros kölcsönhatásokkal nem keverednek. Ezzel szemben a 2-faktoros kölcsönhatások keverednek egymással.

A *Summary* gombra kattintva előálló ablak tartalmazza a tervet, és az üres DV\_1 oszlopot.

Az üres oszlop nevét változtassuk meg DV\_1-rôl ftime-re -re (jobb egérgomb, *Variable Specs* ..., vagy 2\**clikk* az oszlopon) és írjuk be ebbe az oszlopba az eredményeket, a megfelelő sorrendben.

Írjuk be az ftime oszlopba az eredményeket, a megfelelő sorrendben (68.4, 77.7, 66.4, ...)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Design: 2\*\*(7-4) design (+Foldover) | | | | | | | | |
|  | WATER | RAW | TEMP | RECYCLE | CAUSTIC | CLOTH | HOLDUP | FTIME |
| 1 | town | site | low | no | slow | old | low | 68.4 |
| 2 | well | site | low | yes | fast | old | high | 77.7 |
| 3 | town | other | low | yes | slow | new | high | 66.4 |
| 4 | well | other | low | no | fast | new | low | 81.0 |
| 5 | town | site | high | no | fast | new | high | 78.6 |
| 6 | well | site | high | yes | slow | new | low | 41.2 |
| 7 | town | other | high | yes | fast | old | low | 68.7 |
| 8 | well | other | high | no | slow | old | high | 38.7 |
| 9 | well | other | high | yes | fast | new | high | 66.7 |
| 10 | town | other | high | no | slow | new | low | 65.0 |
| 11 | well | site | high | no | fast | old | low | 86.4 |
| 12 | town | site | high | yes | slow | old | high | 61.9 |
| 13 | well | other | low | yes | slow | old | low | 47.8 |
| 14 | town | other | low | no | fast | old | high | 59.0 |
| 15 | well | site | low | no | slow | new | high | 42.6 |
| 16 | town | site | low | yes | fast | new | low | 67.6 |

* Elmentjük adatállományként.

*File>Save as*, megadunk egy nevet, pl. *filtr\_2*

2. Most földolgozzuk az eredményeket. Ehhez először visszatérünk a “Design & Analysis” ablakba (*Design & Analysis>Cancel>Cancel*) és beolvassuk az imént elkészült adatállományt.

*Open Data: filtr\_2.sta>OK>2\*\*(K-p) standard designs (Box, Hunter & Hunter) >OK*

*Analyse results* fülön:

A *Variables* gombot lenyomva adódó ablakban kijelöljük a függő és független (faktor) változókat. *>OK*

Megnyílik az "Analysis of an Experiment ..." párbeszéd panel. Mivel az alkalmazott tervben a kétfaktoros interakciók keverednek egymással, a program alapértelmezésként a főhatások kiértékelését kínálja föl.

* A *Quick* fülön a *Summary: Effect estimate* gombra kattintva megjelennek a hatások és a regressziós koefficiensek. A teljes átlag (Main/Interc.) és az 5. faktor sora piros, azaz a feltüntetett hatások szignifikánsan különböznek nullától α = 0.05 szignifikancia szinten vizsgálva. A p értékek rendre 0.000000; 0.018111. Az 1. faktor hatása nem bizonyult szignifikánsnak, p = 0.332807; utána a sorban a 7. faktor (holdup) következik (p = 0.524939).
* Következtetésünket grafikus vizsgálattal is alátámaszthatjuk (*Pareto chart of effects*), nézzük meg.

Az ANOVA/Effects fülön a *Normal Probability Plot*-ra kattintva előálló ábrán az 5. faktor (caustic) jól láthatóan elkülönül a 2., 3., 4., és 6. faktorok sorától. Az 1. és 7. faktorokra ez nem mondható el.

Feltételezhetjük, hogy az interakciók közül csupán az 5. 1. és 7. faktorok közötti kétfaktoros interakciók fordulnak elő, mivel a többi faktor hatásának kicsi a valószínűsége. Vonjuk be a vizsgálatba a lehetséges kétfaktoros interakciók közül tehát a következő hármat: 15, 17 és 57.

* Az " Analysis of an Experiment ..." párbeszéd panelben a *Model* fülön az "Include in model" felirat alatt kattintsunk a *2-way* *intaractions*-nál, de egyúttal az Ignore some effects-re is (nem az összes kétfaktoros interakcióra akarjuk kiterjeszteni a vizsgálatot. Ezt egyébként az alkalmazott terv nem is teszi lehetővé.) .

*2-way intaractions > Ignore some effects*

* A megnyíló ablakban jelöljük ki azokat a kétfaktoros interakciókat, amelyeket nem vonunk be a vizsgálatba (pooled error term). Tehát a főhatások és az 15, 17, 57 interakciók maradnak fehéren. *OK*

Végezzük el ismét a föntebbi kiértékelést.

* A *Summary: Effects estimates* gombra kattintva megjelenô táblázatban most az 5. faktor és az 15 interakció sora is piros színű, azaz ez a kettő szignifikáns hatás, az utóbbi p értéke 0.006090. Nem szignifikánsak az 17 és 57 interakciók. Az 1. faktor (water) fôhatása sem szignifikáns, bár hatásának becsült értéke a többi faktorénál lényegesen nagyobb.
* Az *ANOVA/Effects* fülön végezzünk most is grafikus vizsgálatokat (*Pareto-diagram*, *Normal probability plot* a szabad kézzel behúzott egyenessel
* A *Means* fülön a *Means plot*:

Az ábrázolt hatások elhelyezkedése a számszerű értékelésnél tapasztaltaknak megfelelően mutatja, hogy az 5. faktor és az 15 kölcsönhatás szignifikáns.