

Biofizika gyakorlat Röntgen-CT jegyzőkönyv:

A gyakorlat célja

A gyakorlat célja, hogy a mérő-összeállításban elhelyezett néhány egyforma (azonos egyedi denzitású vasrúd) góc helyének meghatározásával a röntgenképkalkotás fizikai hátterét és a számítógépes röntgentomográfia elvét megismerjük.

Gyakorlaton elvégzett feladatok

1. A feladat a mérő-összeállításban elhelyezett néhány egyforma (azonos egyedi denzitású vasrúd) góc helyének meghatározása.

Használt anyagok és eszközök, fontos körülmények

^{137}Cs gamma-sugárforrás,

Sugármérő detektor NaI(Tl) kristállyal felszerelt szcintillációs számláló,

négyzetráccsal ellátott fejmodell,

néhány egyforma (azonos egyedi denzitású vasrúd) góc.

A mérés

A HAGYOMÁNYOS RÖNTGENDIAGNOSZTIKA ALAPJAI

Az emberi test különböző szövetei (pl. zsírszövet, csontok, vér), ill. levegővel töltött üreges részei (pl. tüdő) eltérő mértékben nyelik el a röntgensugarakat. A röntgensugarakra nézve minden anyag törésmutatója $n = 1$, ezért nem ábrázolható ki leképező "lencserendszer", csupán az „árnyékkép” felhasználásáról lehet szó. Ha a vizsgálandó testrészt egy röntgensugár forrás és egy fényképező lemez közé helyezzük, az egyes szervek abszorpciójától függő negatív árnyékképet kapunk. Ez az ún. hagyományos, szummációs röntgenkép.

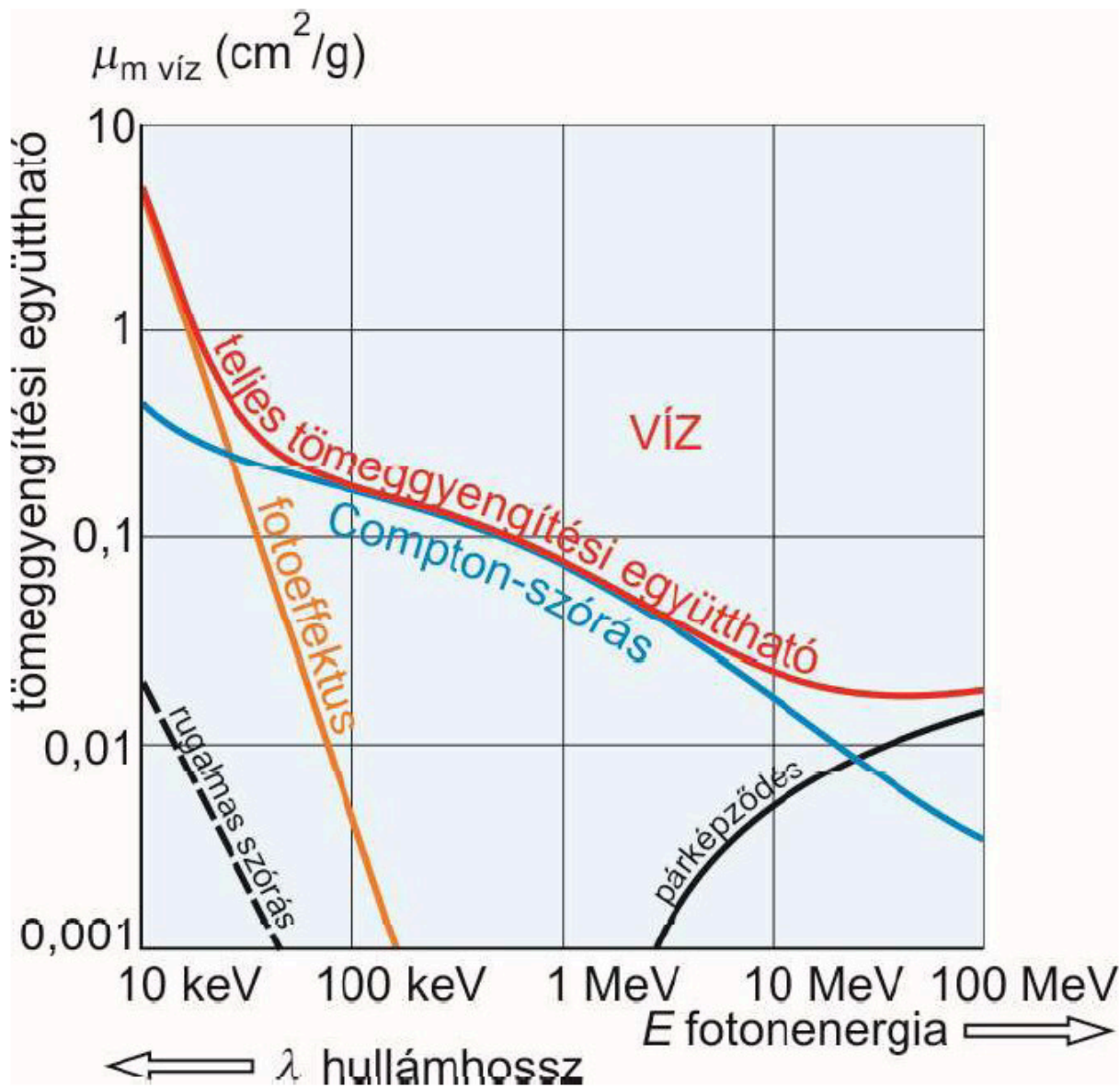
A röntgensugarak gyengülését, hasonlóan a γ -sugarakéhoz, a gyengítési törvény írja le:

$$J = J_0 e^{-\mu \cdot x}$$

Az átvilágított testrészt egyes pontjain átmenő sugarak intenzitásai között tehát eltérések lesznek attól függően, hogy az adott helyen milyen vastagságú (x) a testrészt, ill. milyen szövet van a sugár útjában, annak mekkora a sugárzást gyengítő képessége (μ). A gyengítési együttható arányos a szövet sűrűségével:

$$\mu = \mu_m \cdot \rho$$

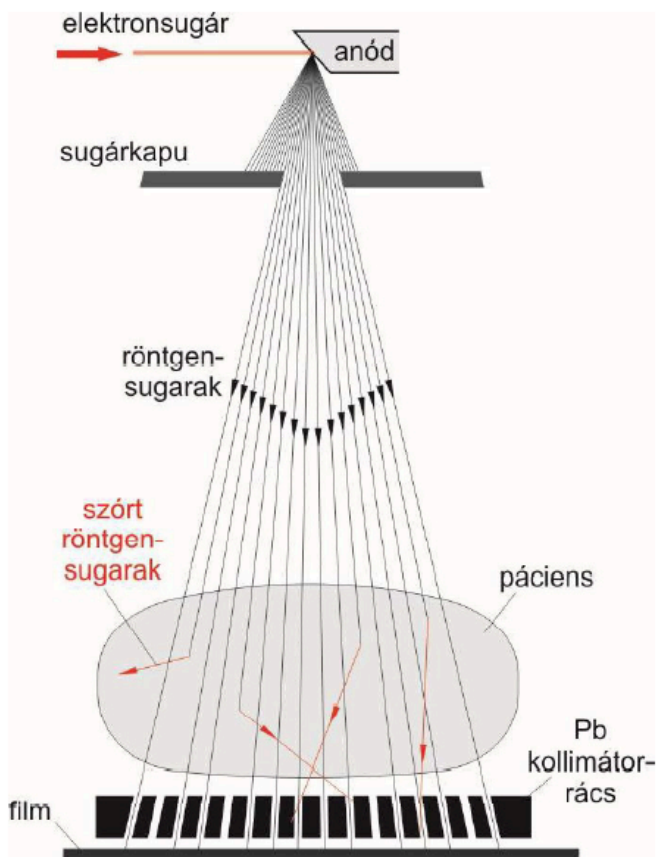
tehát a röntgenkép kontrasztossága egyrészt a szövetek sűrűségkülönbségétől függ, másrészt a μ_m tömeggyengítési együttható értéke is különbözhet a különböző szövetekre. A μ_m az elnyelő anyag atomjainak Z rendszámától (összetett anyagnál az effektív rendszámától, Z_{eff}) függ attól függően, hogy milyen típusú abszorpciós folyamat játszik szerepet az elnyelésben. A μ_m erős függést mutat még a fotonenergiától is (1. ábra).



Az alábbi táblázat a különböző elnyelési mechanizmusok jellemző energia- és rendszámfüggését mutatja be:

ABSZORPCIÓS FOLYAMAT	μ_m függése a Z rendszámtól	μ_m függése az E fotonenergiától
rugalmas szórás	$\mu_m \sim Z^2$	$\mu_m \sim 1/E^2 \sim \lambda^2$
fotoeffektus	$\mu_m \sim Z^3$	$\mu_m \sim 1/E^3 \sim \lambda^3$
Compton-szórás	közel független	enyhén csökkenő

A röntgensugárzás keresztmetszeti méretét ólomból készült sugárkapukkal szabályozzák úgy, hogy csak a feltétlenül átvilágítandó részre essen sugárzás. Ennek egyik célja a páciens sugárterhelésének minimalizálása, míg a másik a szórt sugárzás csökkentése. A fekvő páciens alatt lévő fém ágy „visszaszóró” hatását a fényképezőlemez alá helyezett ólom árnyékolással szűrik ki.



A mérő-összeállításban, amellyel a gyakorlaton dolgozunk, röntgensugár helyett ^{137}Cs gamma-sugárzását alkalmazzuk. A sugázmérő detektor NaI(Tl) kristállyal felszerelt szcintillációs számláló, amelyet a mérőfejen megjelölt nagyfeszültségen (HV), ID állásban, 200-as küszöbszint mellett ($U_d = 1\text{ V}$) használunk. A denzitogramot egy négyzetrácsal ellátott fejmodellről fogjuk elkészíteni: ez az alkalmazott gamma-sugárzást alig gyengítő anyagból készült, és benne néhány egyforma (azonos egyedi denzitású vasrúd) góc van elhelyezve. A detektor előtti ólommollimátoron felfestett jelek a készülék tengelyvonalát, egyúttal a letapogatást (átvilágítást) végző sugárnyaláb tengelyét is jelzik.

A mérés

Először olvassuk be az adatokat:

```
adatok = readtable("meresi_adatok.xlsx", "ReadVariableNames", true, "ReadRowNames", true);
adatok.Properties.VariableUnits = {'W/m^2', 'W/m^2', 'W/m^2'};
```

Ezután számoljuk ki a szükséges értékeket, az átlagot, majd a háttérsugárzás alapján a korrigált átlagot.

```
adatok.atlag = mean(adatok{:, :}, 2);
adatok.Properties.VariableUnits(4) = {'W/m^2'};
```

Korrigált átlag:

```
adatok.korrigaltAtlag = adatok.atlag - adatok{"hatter", "atlag"};
adatok.Properties.VariableUnits(5) = {'W/m^2'};
```

Majd a denzitást:

```
adatok.D = log10(adatok{"J0","atlag"}./adatok.korrigaltAtlag);
```

Kis korrekció:

```
adatok{"J0", "korrigaltAtlag"} = 0;  
adatok{"hatter", "D"} = 0;  
adatok{"J0", "D"} = 0;
```

Kapott adatok:

```
disp(adatok)
```

	meres1	meres2	meres3	atlag	korrigaltAtlag	D
hatter	42	38	41	40.333	0	0
J0	3299	3179	3326	3268	0	0
JA	3033	3062	3005	3033.3	2993	0.038175
JB	1770	1707	1766	1747.7	1707.3	0.28196
JC	2893	3059	2932	2961.3	2921	0.04875
JD	1141	1048	1083	1090.7	1050.3	0.49295
JE	2892	2886	2829	2869	2828.7	0.0627
J1	3004	3045	2978	3009	2968.7	0.041721
J2	1072	1017	1058	1049	1008.7	0.51053
J3	1863	1798	1757	1806	1765.7	0.26737
J4	3060	3102	3047	3069.7	3029.3	0.032935
J5	3172	3217	3180	3189.7	3149.3	0.016063

```
summary(adatok(2:end,1:4))
```

Variables:

meres1: 11×1 double

Properties:

Units: W/m²

Values:

Min	1072
Median	2893
Max	3299

meres2: 11×1 double

Properties:

Units: W/m²

Values:

Min	1017
Median	3045
Max	3217

meres3: 11×1 double

Properties:

Units: W/m²

Values:

Min	1058
-----	------

```
Median    2932
Max       3326
```

```
atlag: 11×1 double
```

```
Properties:
Units: W/m^2
Values:
```

```
Min       1049
Median    2961.3
Max       3268
```

```
summary(adatok(3:end,end-1:end))
```

```
Variables:
```

```
korrigaltAtlag: 10×1 double
```

```
Properties:
Units: W/m^2
Values:
```

```
Min       1008.7
Median    2874.8
Max       3149.3
```

```
D: 10×1 double
```

```
Values:
```

```
Min       0.016063
Median    0.055725
Max       0.51053
```

Szükségem lesz a sorok és az oszlopok értékeire:

```
X_D_ertek = adatok{["JA","JB","JC","JD","JE"],"D"};
Y_D_ertek = adatok{["J1","J2","J3","J4","J5"],"D"};
```

Küszöbérték

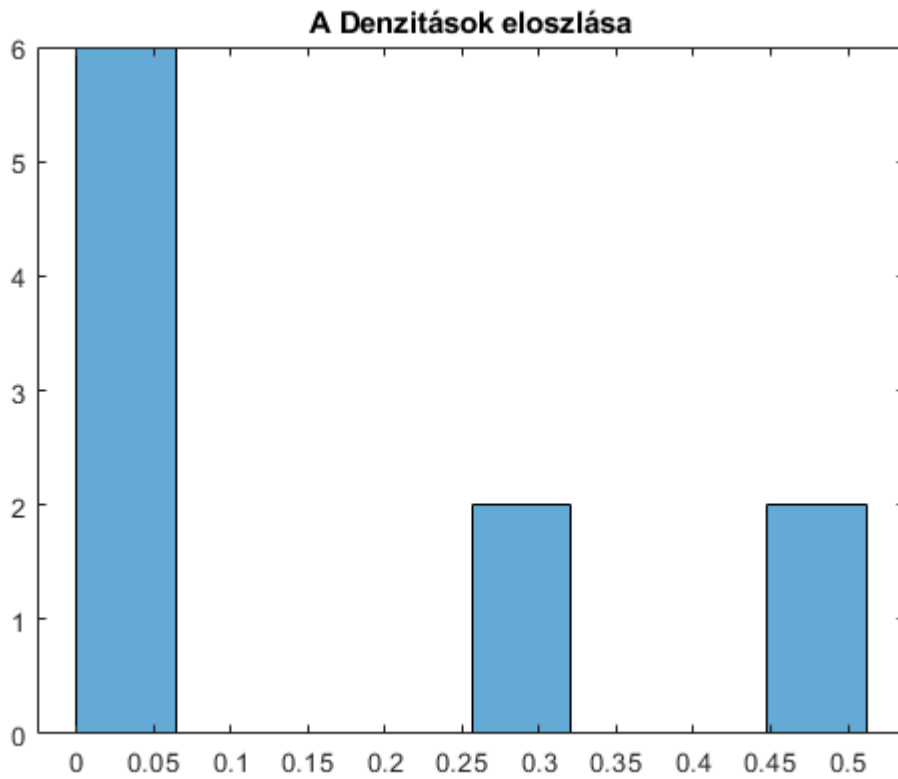
meg szeretnék határozni egy küszöbértéket, ami felett azt mondom, hogy az adott sorban vagy oszlopban megtalálható a kereset góc.

Vizsgáljuk meg egyszer az értékeket átlag és szórás alapon.

```
figure
histogram(adatok.D(3:end), 8)
atlag = mean(adatok.D(3:end));
disp(atlag)
```

```
0.1793
```

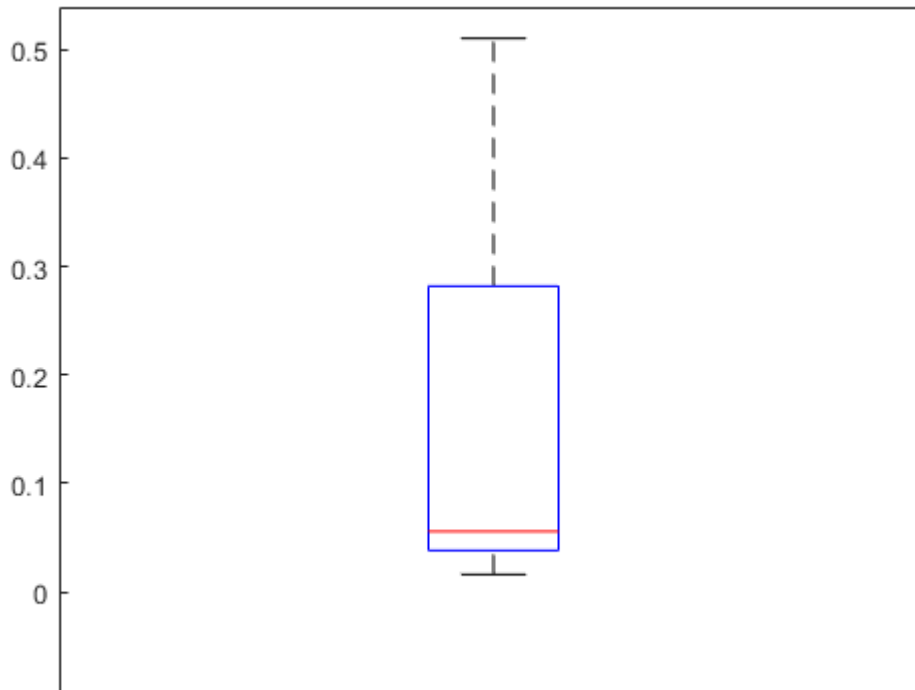
```
title("A Denzitások eloszlása")
```



Majd pedig medián és boxplot alapon.

```
figure
boxplot(adatok.D(3:end))
title("A Denzitások eloszlása, boxplot")
set(gca, 'XTick', []);
```

A Denzitások eloszlása, boxplot



```
quantile_ertekek = quantile(adatok.D(3:end),[0.25 0.50 0.75]);  
disp(quantile_ertekek)
```

```
0.0382    0.0557    0.2820
```

Látom, hogy 0.18 körül van az átlag. E felett két csúcsom van. Tehát 0.2 lesz a küszöb, mert felette vannak a számomra érdekes értékek, és alatta az érdektelenek. Ezért állítsuk be 0.2 a küszöb értéket.

```
Kusszobertek = 0.2;
```

Mátrixok

A mátrix mint struktúra tökéletesen ráfekszik a méréseimre, az egyes mezők lefedik a fejmodelt. Az első esetben hozunk létre a mérések alapján egy lefedést, ehhez kell definiálnunk egy metrikát. Én egy és művelet jellegű metrikát kerestem, összesoroztam a két értéket majd gyököt vontam.

A küszöbérték alapján képzett mátrix esetén egyszerűen és műveltetett használtam.

Az első mátrix a denzitások alapján:

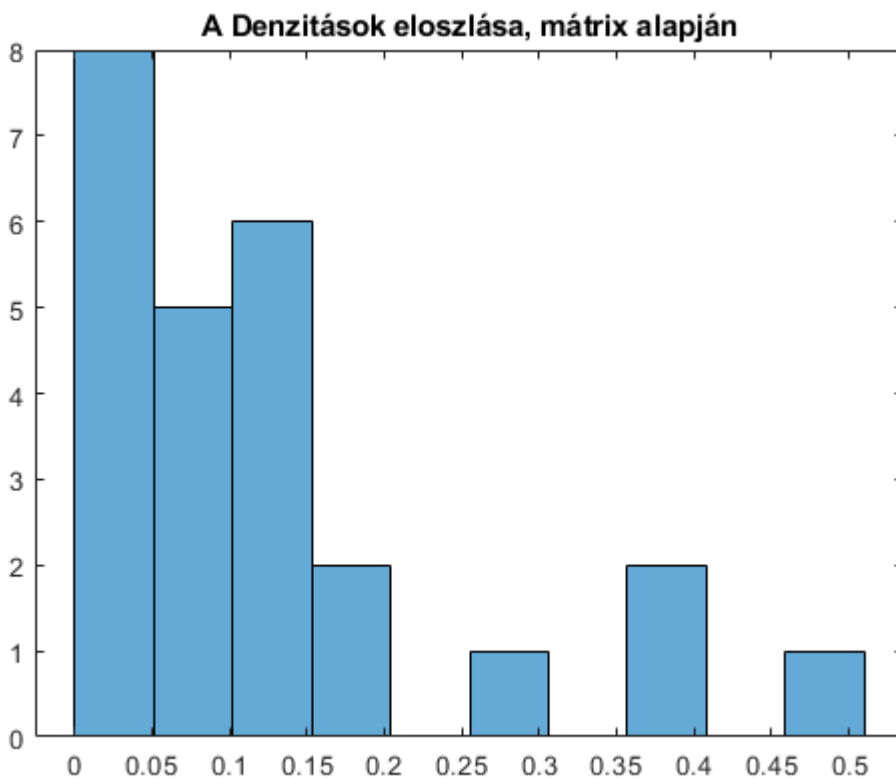
```
Matrix_ertekek = zeros(length(X_D_ertekek));  
for i = 1:length(X_D_ertekek)  
    for k = 1:length(Y_D_ertekek)  
        Matrix_ertekek(k,i) = sqrt(X_D_ertekek(i) * Y_D_ertekek(k));  
    end  
end
```

Ennek a vizsgálata:

```
figure
histogram(Matrix_ertekek, 10)
atlag = mean(Matrix_ertekek, "all");
disp(atlag)
```

0.1325

```
title("A Denzitások eloszlása, mátrix alapján")
```



A küszöbérték alapján képzett mátrix:

```
Matrix_igaz = zeros(length(X_D_ertekek));
for i = 1:length(X_D_ertekek)
    for k = 1:length(Y_D_ertekek)
        Matrix_igaz(k,i) = (X_D_ertekek(i) > Kusszobertek) && (Y_D_ertekek(k) > Kusszobertek);
    end
end
```

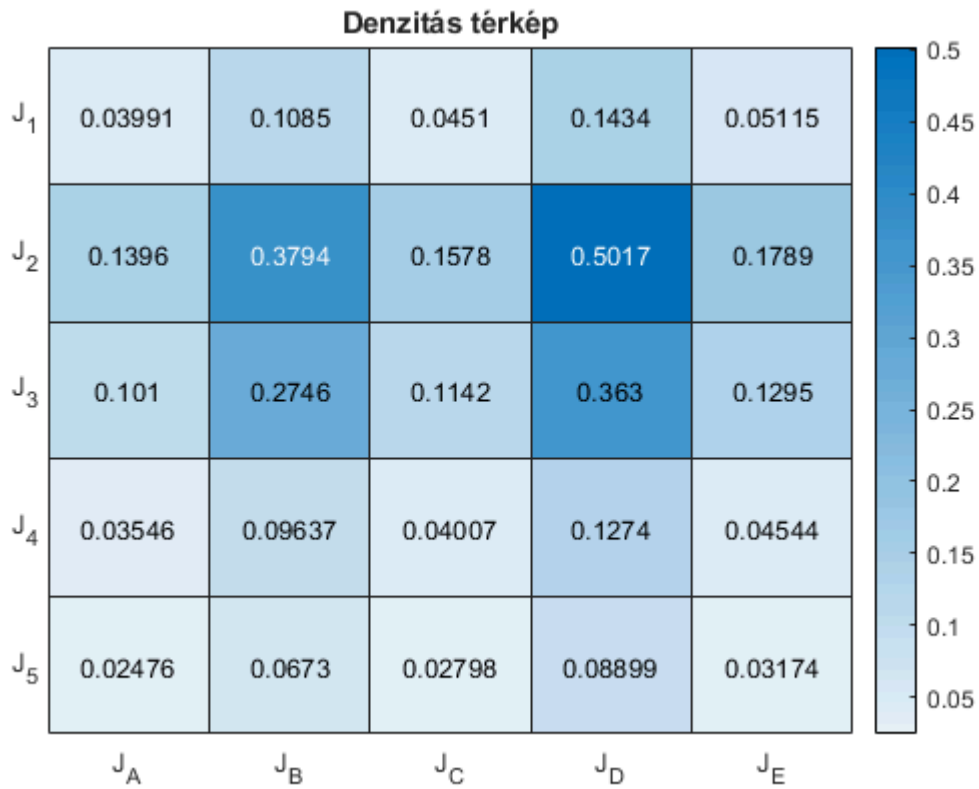
korrekció:

```
Matrix_igaz(3,2) = 0;
```

Grafikus eredmények:

Nézzük meg mátrixot, amit a mérések Denzitása alapján képeztem.


```
figure
heatmap(["J_A","J_B","J_C","J_D","J_E"],["J_1","J_2","J_3","J_4","J_5"],Matrix_ertek)
title("Denzitás térkép")
```



Majd a küszöbérték alapján képzett mátrixomat.

```
figure
heatmap(["J_A","J_B","J_C","J_D","J_E"],["J_1","J_2","J_3","J_4","J_5"],Matrix_igaz,"ColorbarV")
title("A fej modell felülnézeti képe")
```

A fej modell felülnézeti képe

J_1	0	0	0	0	0
J_2	0	1	0	1	0
J_3	0	0	0	1	0
J_4	0	0	0	0	0
J_5	0	0	0	0	0
	J_A	J_B	J_C	J_D	J_E

Jól lekövethető a góccok helyzete a két grafikon alapján. A küszöbérték alapján képzett ábra nem helyes ezért korigáltam, mert van egy fals gócc a B3 mezőben. Ez a gócc, az első hőterkép alapján is kiszűrhető, de nyilvánvalóan adódik nem valós volta abból is, hogy a kettés és a d mezőben két góccnak kell lennie, mivel itt jóval magasabbak a denzitás értékek.