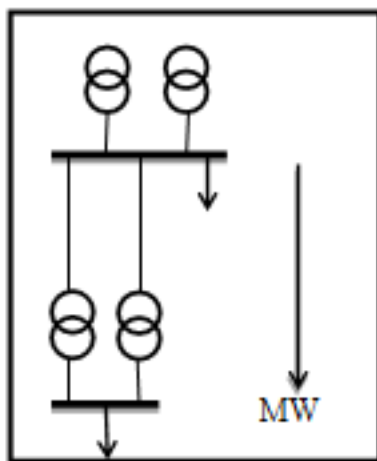


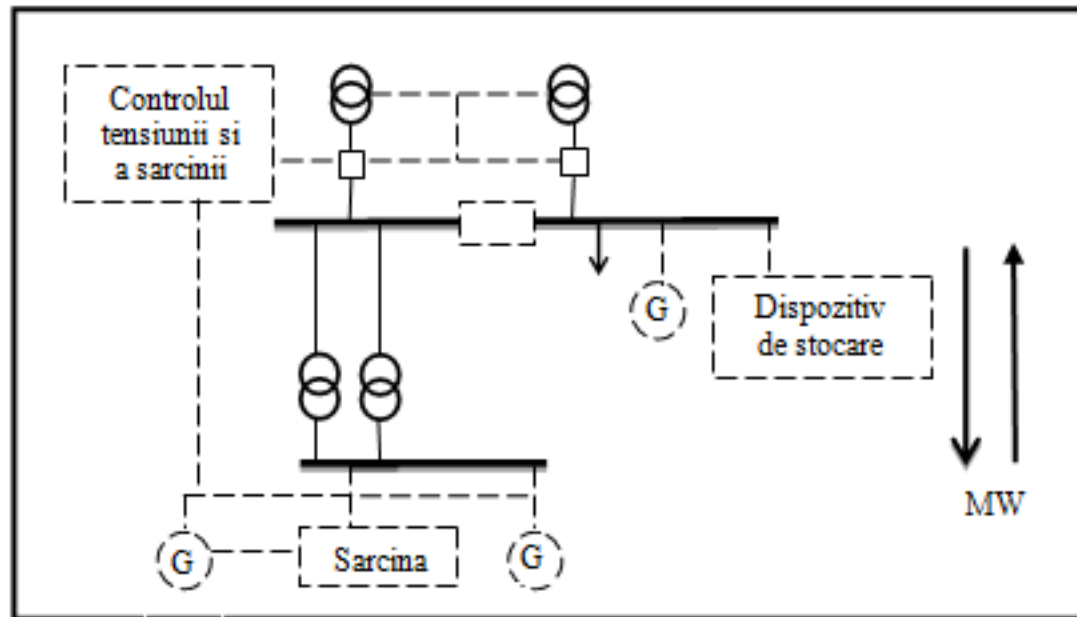
# **Generarea distribuită**

# CUPRINS

- ❖ **INTRODUCERE**
- ❖ **AMPLASAREA OPTIMA A SURSELOR DE GD**
- ❖ **MODEL MATEMATIC DE OPTIMIZARE**
- ❖ **STUDIU DE CAZ**
- ❖ **IMPACTUL GENERARII DISTRIBUITE ASUPRA REGLAJULUI DE TENSIUNE IN RETELELE ELECTRICE DE DISTRIBUTIE**



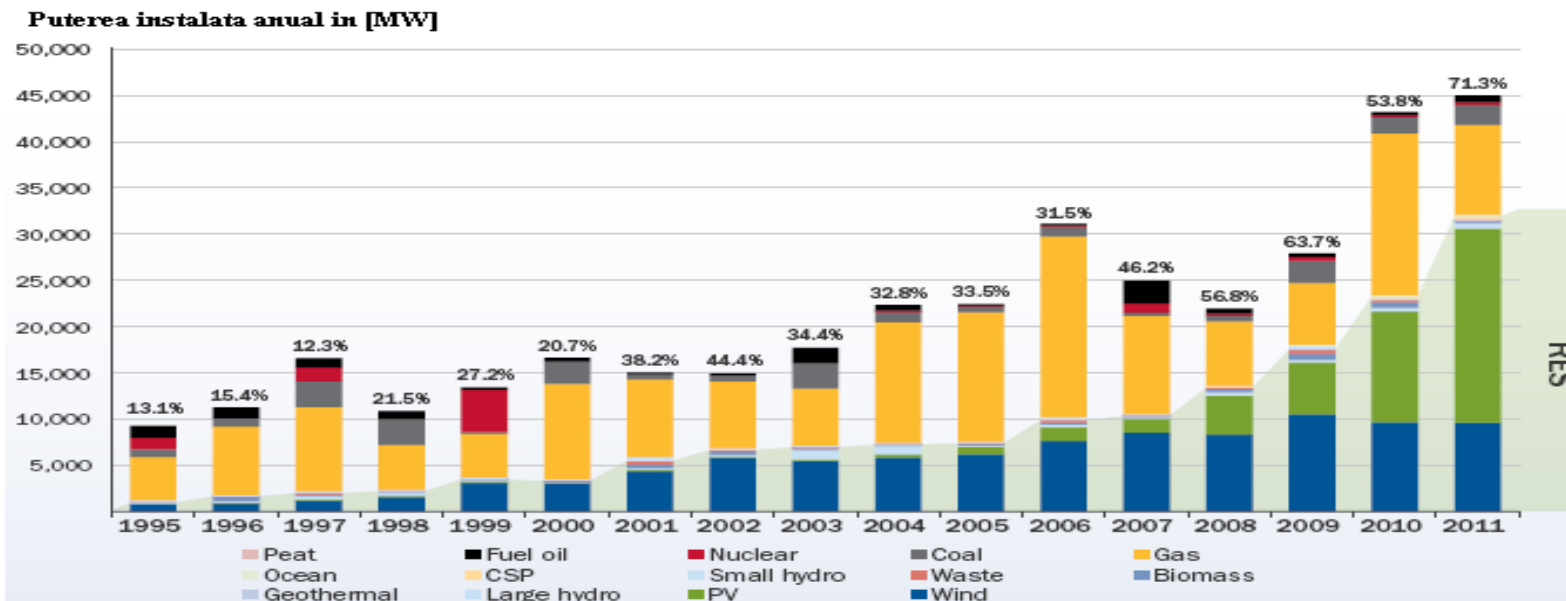
**IN MOMENTUL ACTUAL**



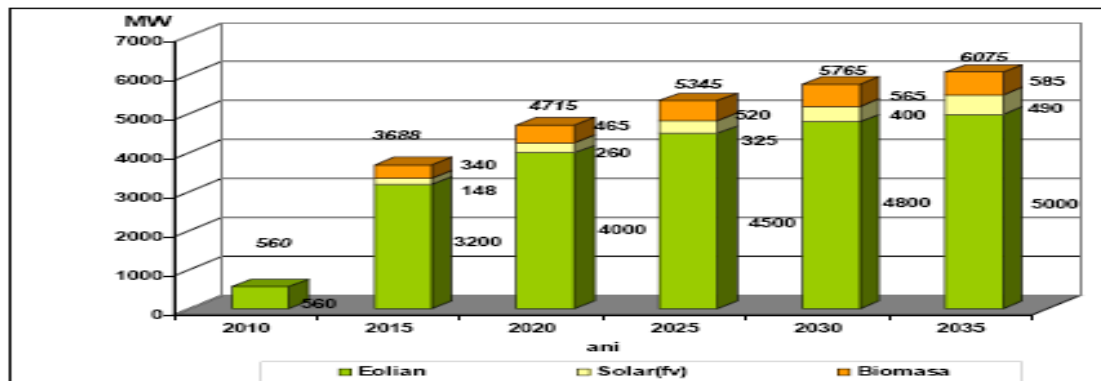
**IN VIITOR**

Direcții privind dezvoltarea rețelor electrice de distribuție

# Integrarea la nivel de rețea electrică a surselor de generare distribuită (GD)

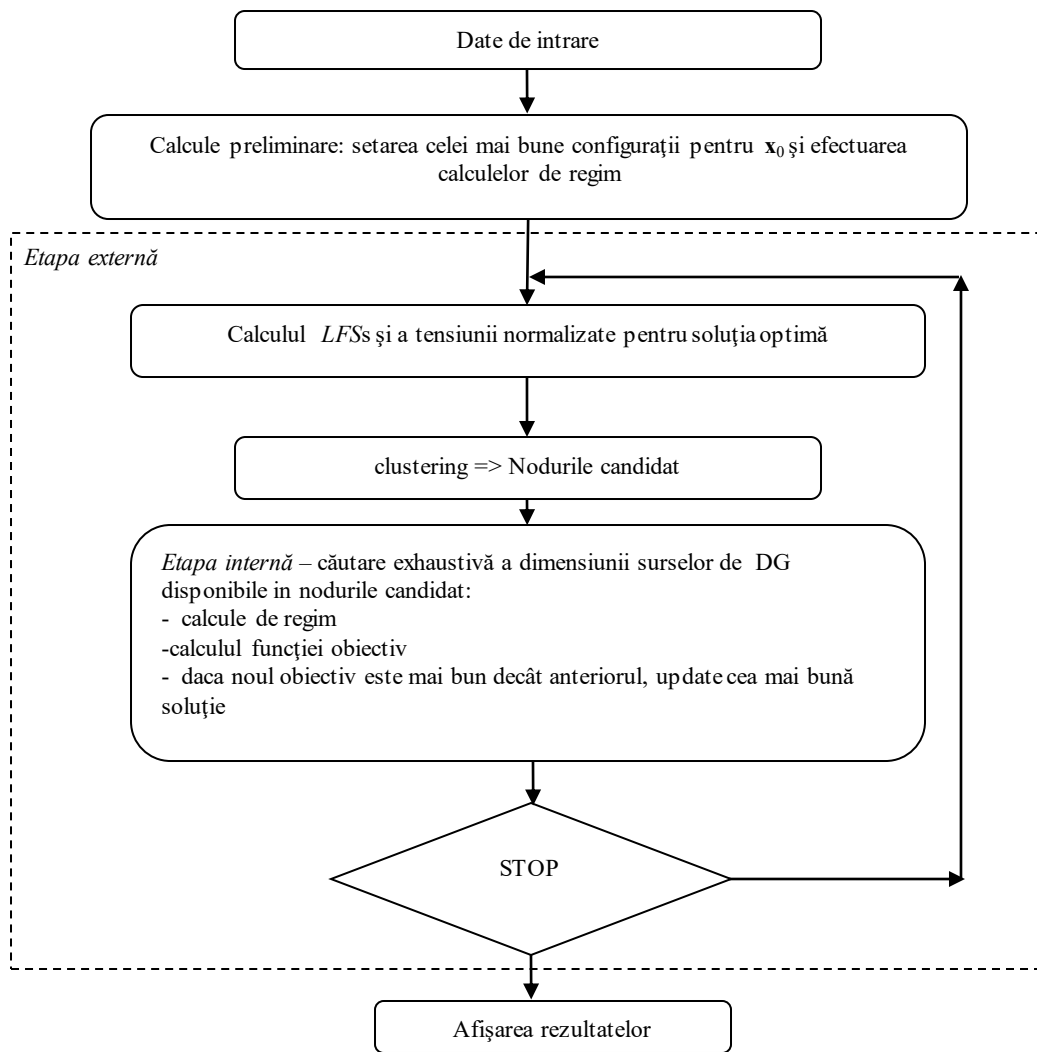


Puterea instalată anual în Europa, [MW]



Evoluția capacităților instalate pe sursele de GD

# FOLOSIREA TEHNICILOR DE CLUSTERING ÎN AMPLASAREA ȘI DIMENSIONAREA OPTIMĂ A SURSELOR DE GENERARE DISTRIBUITĂ (GD)



Schema logică a metodei propuse

## Modelul de optimizare. Funcție obiectiv-Restricții

### Funcția obiectiv generală C(x):

$$\min \left\{ C(\mathbf{x}) = \alpha \frac{F_L(\mathbf{x})}{F_L(\mathbf{x}^{(base)})} + (1 - \alpha) \frac{F_V(\mathbf{x})}{F_V(\mathbf{x}^{(base)})} \right\}$$

Funcția obiectiv a pierderilor de energie:

$$F_L(\mathbf{x}) = \sum_{h=1}^H \sum_{b=1}^B \Delta P_h^{(b)}(\mathbf{x}) \cdot \Delta t_h$$

Funcția obiectiv referitoare la profilul tensiunii:

$$F_V(\mathbf{x}) = \sum_{h=1}^H \sum_{i=2}^N |U_h^{(i)}(\mathbf{x}) - U^{(r)}|$$

### Restricțiile de egalitate :

$$P_h^{(i)} + jQ_h^{(i)} = \bar{U}_h^{(i)} \bar{I}_h^{(i)*}$$

### Restricțiile de inegalitate:

- ❑ Limitele de variație ale tensiunii în nodurile rețelei:

$$U_{h,\min}^{(i)} \leq U_{i,h} \leq U_{h,\max}^{(i)}$$

- ❑ Curentul limită termic:

$$I_h^{(b)} \leq I_{h,\max}^{(b)}$$

- ❑ Limitele de generare:

$$P_h^{(i,GD)} \leq P_{h,\max}^{(i,GD)}$$

- ❑ Limitele de variație ale puterii reactive în nodurile generatoare:

$$Q_{h,\min}^{(i,GD)} \leq Q_h^{(i,GD)} \leq Q_{h,\max}^{(i,GD)}$$

## AMPLASAREA OPTIMA A SURSELOR DE GD

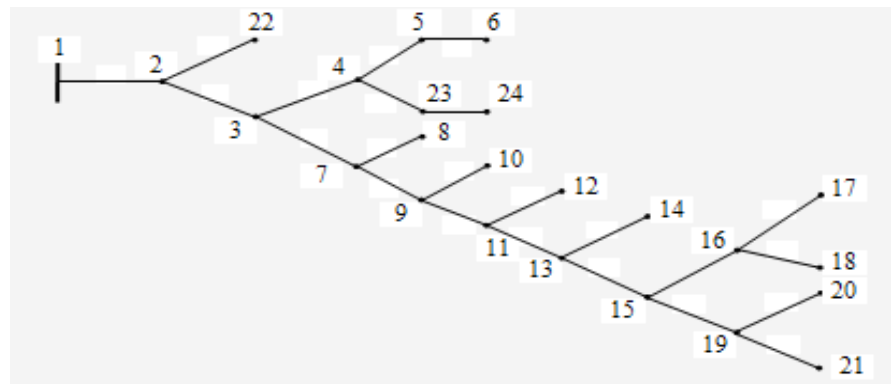
- În reglajul tensiunii, factorul de sensibilitate în raport pierderile de putere reactivă ( $LSF$ ) are o importanță majoră în procesul de determinare a zonelor de reglaj deoarece cu cât coeficienții de sensibilitate au valori mai ridicate, cu atât influența modificării tensiunii în nodurile rețelei electrice conduce la modificări accentuate ale tensiunii.
- Nodurile pilot determinate cu ajutorul factorilor de sensibilitate pot reprezenta locurile optime de amplasare a surselor de generare distribuită în rețelele de distribuție. Aceste surse prezintă un interes major în momentul de față, deoarece sursele regenerabile reprezintă o alternativă la sursele clasice, producând energie verde.

$$LSF_h^{(b)} = \frac{\partial(\Delta P_h^{(b)})}{\partial Q_h^{(b)}} = \frac{2 Q_h^{(b)} R^{(b)}}{(U_h^{(e_b)})^2}$$

## Studiu de caz. Rețea test de 20 kV cu 24 noduri

Pe baza rezultatelor obținute în urma aplicării tehnicilor de clustering, s-au luat în considerare două ipoteze privind modul de amplasare a surselor de GD:

- **Cazul I.** În nodurile din grupa reprezentativă (*LSF* ridicat și tensiune mică), rezultată în urmă aplicării tehnicilor de clustering, se predefinesc dimensiunile surselor de GD și printr-un proces de căutare exhaustivă se determină dimensiunile optime.
- **Cazul II.** În nodurile reprezentative ale grupelor rezultate în urma grupării s-au amplasat sursele de GD și aplicând procesul de căutare exhaustivă se determină dimensiunile optime ale surselor de energie regenerabilă.

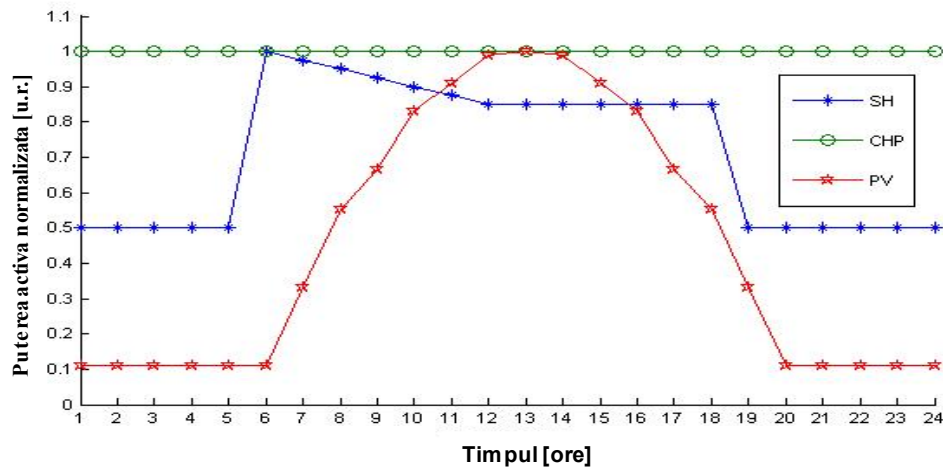


Schema de principiu a rețelei de distribuție de 20 kV



# Studiu de caz. Rețea test de 20 kV cu 24 noduri

## Date generale

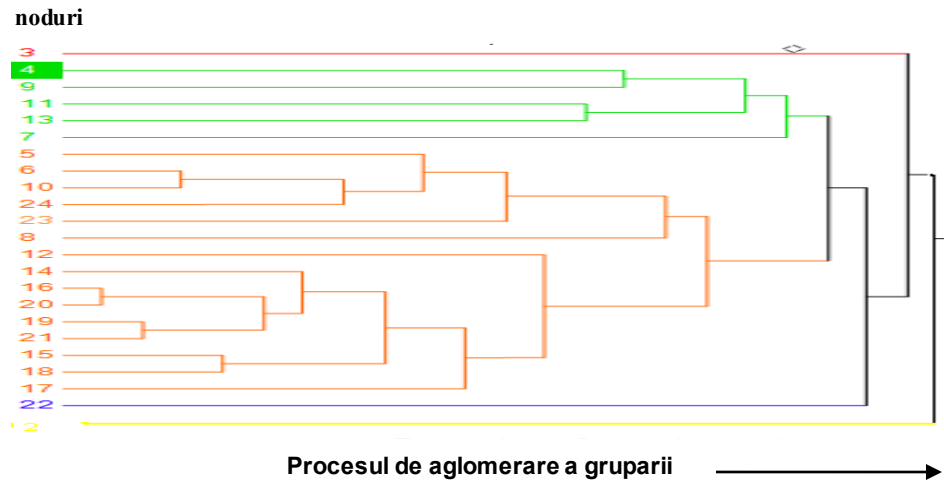


Profilele tip de sarcină a unităților de GD, micro-hidrocentrale (SH), cogenerare (CHP) și panouri fotovoltaice (PV)

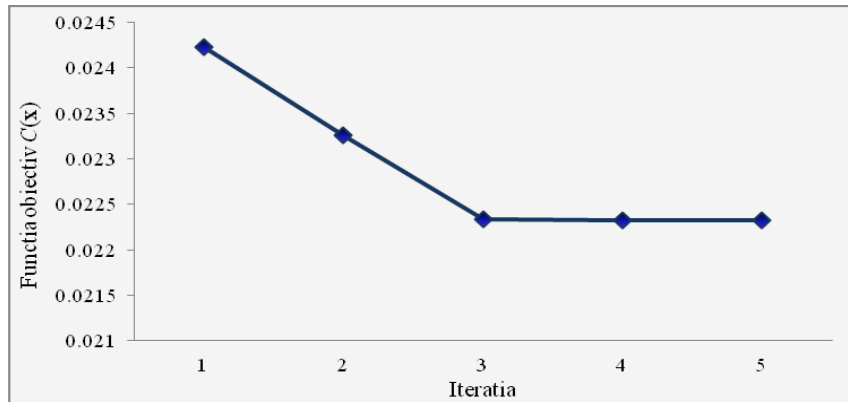
### Dimensiunile surselor de GD testate pe rețeaua de distribuție de 20 kV

Nod	Surse de generare distribuită		Nod	Surse de generare distribuită	
	Tip	Nr. de nivele de dimensiune și dimensiunea în [kW]		Tip	Nr. de nivele de dimensiune și dimensiunea în [kW]
1	-	-	13	SH	4 : 100,200,300,400
2	-	-	14	CHP	4 : 100,200,300,400
3	-	-	15	PV	4 : 25,50,75,100
4	PV	4 : 10,20,30,40	16	PV	4 : 10,20,30,40
5	PV	4 : 50,100,150,200	17	PV	4 : 5,10,15,20
6	-	-	18	PV	4 : 25,50,75,100
7	PV	4 : 25,50,75,100	19	SH	4 : 50,100,150,200
8	-	-	20	-	-
9	PV	4 : 50,100,150,200	21	CHP	4 : 50,100,150,200
10	CHP	4 : 50,100,150,200	22	-	-
11	SH	4 : 100,200,300,400	23	-	-
12	-	-	24	CHP	4 : 100,200,300,400

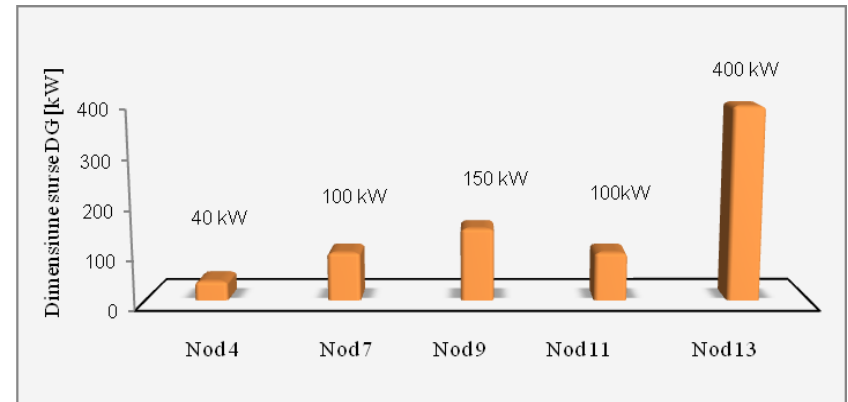
# Cazul I.



Dendograma obținută în procesul de clustering, în rețeaua de 20 kV (nodul de echilibru nu este reprezentat)

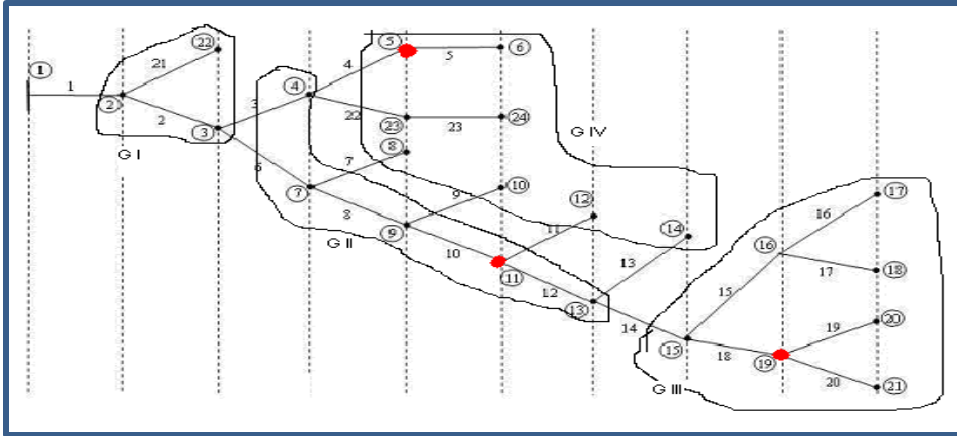


Evoluția funcției obiectiv  $C(x)$  în procesul iterativ

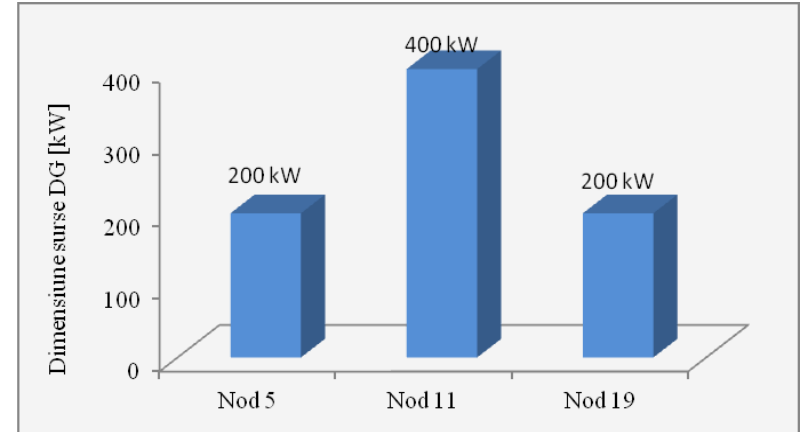


Soluția optimă a dimensiunilor surselor de GD în rețeaua de distribuție de 20 kV

## Cazul II.



Schema rețelei analizate cu nodurile reprezentative ale grupelor rezultate în urma grupării

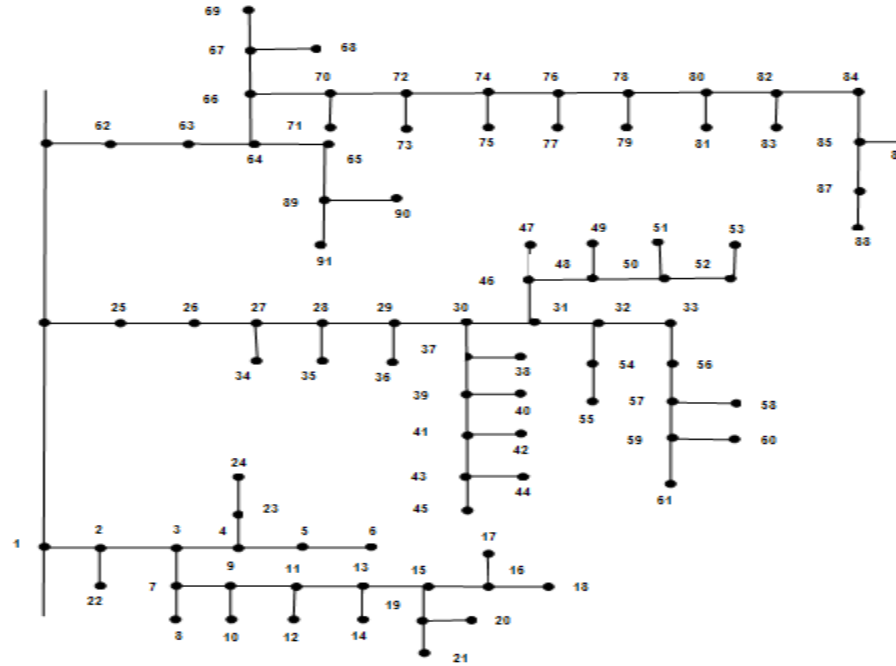


Soluția optimă a dimensiunilor surselor de GD în rețeaua de distribuție de 20 kV

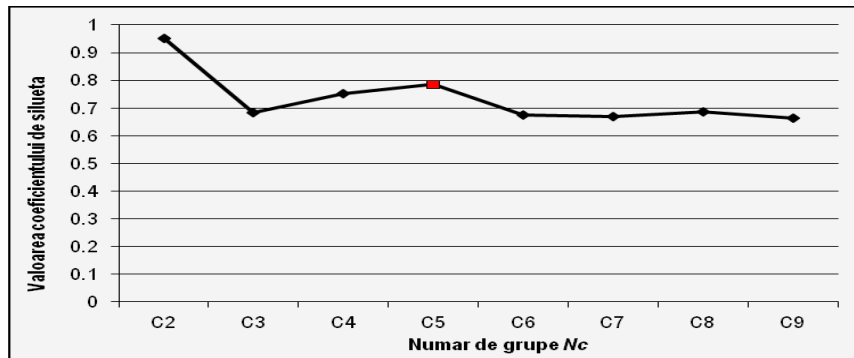
Soluția optimă a funcției obiectiv  $C(x)$  în cazurile analizate pe rețeaua test de 24 noduri de 20 kV

Caz I					Caz II				
Dimensiune GD [kW] în noduri					$C(x)$ optimă	Dimensiune GD [kW] în noduri			$C(x)$ optimă
N 4	N 7	N 9	N 11	N 13		N 5	N 11	N 19	
40	100	150	100	400	<b>0,02233</b>	200	400	200	<b>0,0218</b>

## Studiu de caz II.



Schema de principiu a rețelei electrice de distribuție de 20 kV

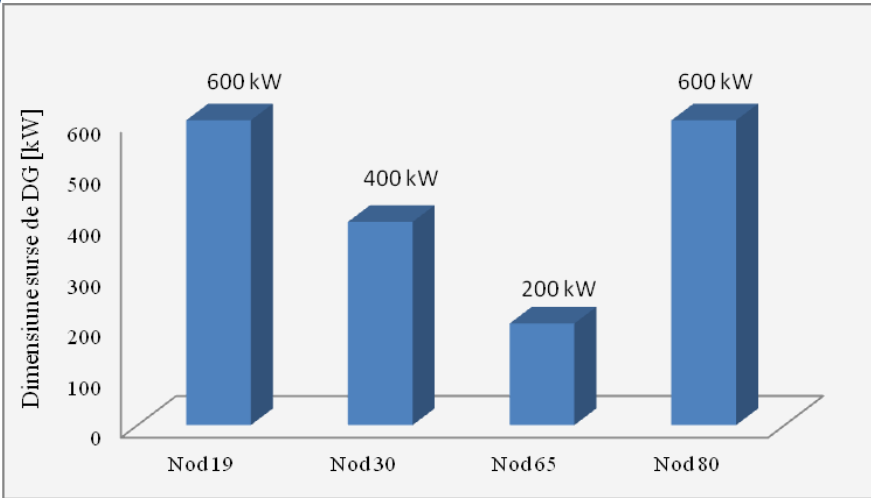


Valorile coeficientului global de siluetă pentru diferite valori a numărului de grupe  $N_c$

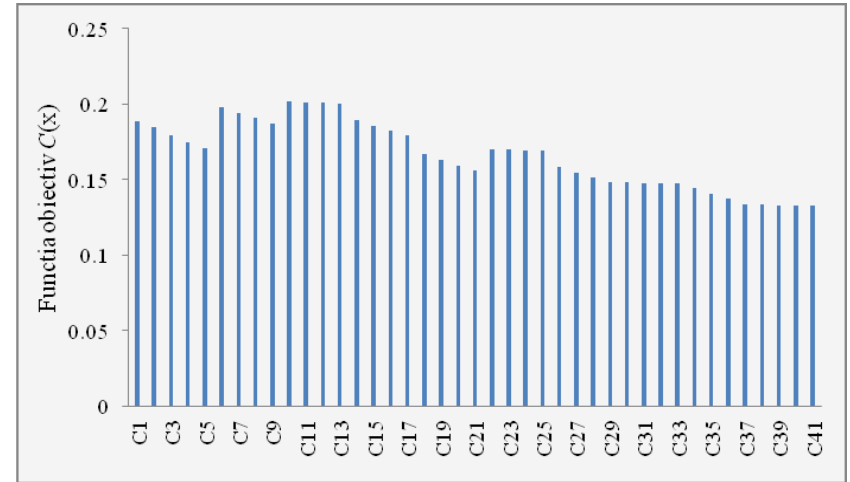
Dimensiunea și tipul sursei de GD utilizată în fiecare nod pilot din rețeaua de distribuție

Nod pilot	Surse de GD	
	Tip	Dimensiune în [kW]
19	CHP	4:300,400,500,600
65	PV	4:50,100,150,200
80	SH	4:300,400,500,600
30	SH	4:100,200,300,400

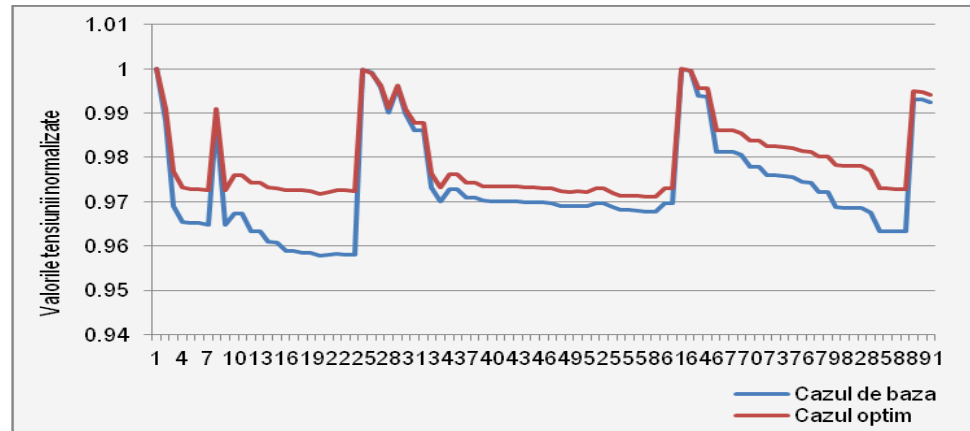
## Rezultate numerice



Soluția optimă a dimensiunilor surselor de GD în rețeaua de 20 kV

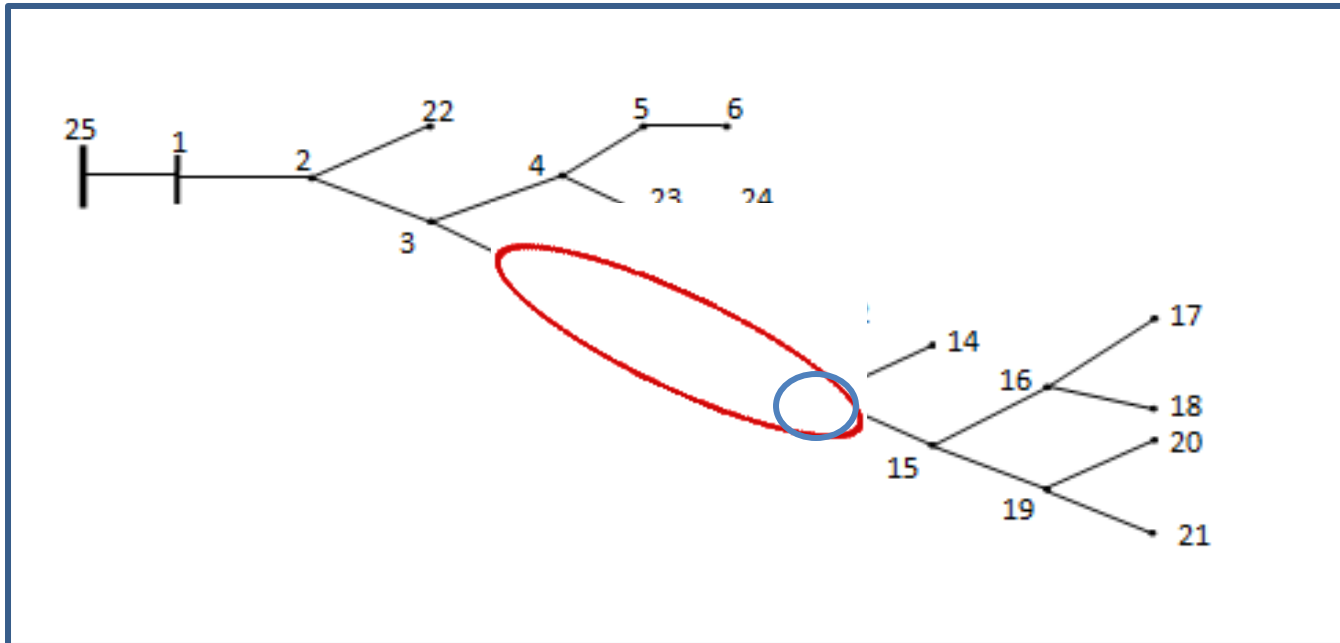


Variația funcției obiectiv  $C(x)$  în funcție de combinațiile de dimensiuni ale surselor de GD



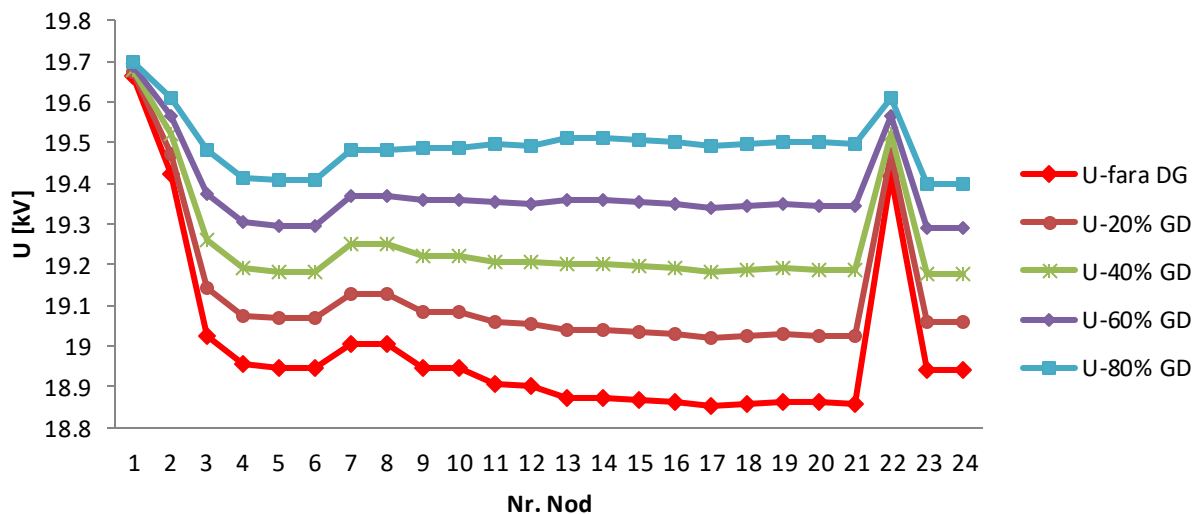
Evoluția variației tensiunii în nodurile rețelei de 20 kV

# IMPACTUL GENERARII DISTRIBUITE ASUPRA REGLAJULUI DE TENSIUNE IN RETELELE ELECTRICE DE DISTRIBUTIE

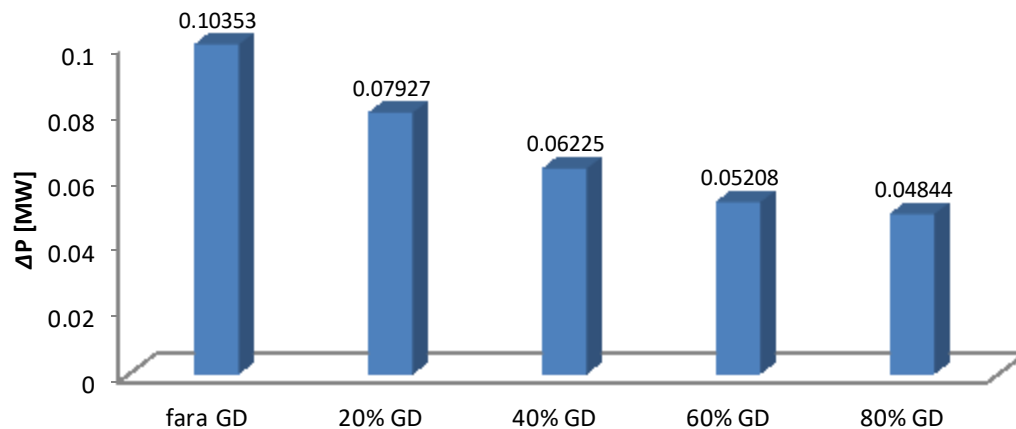


Schema de principiu a rețelei de distribuție de 20 kV

# INFLUENTA SURSELOR DE GD. CAZUL I

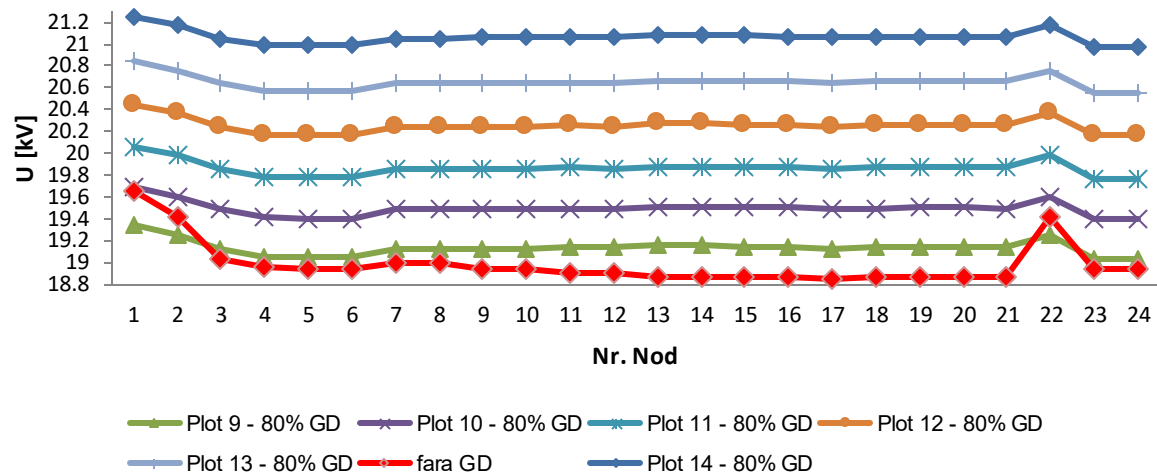


Evoluția variației tensiunii în nodurile rețelei test de 20 kV în cazul inițial (fara GD) și atunci când se injectează din GD în nod 13

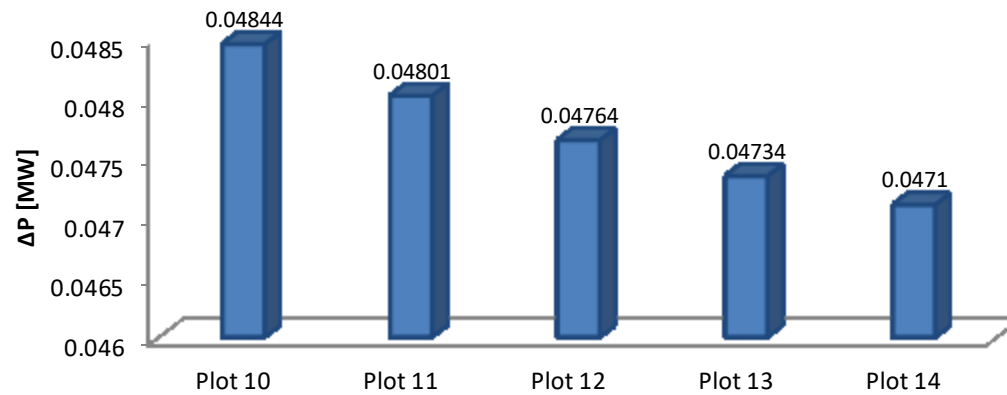


Variația funcției obiectiv  $\Delta P$  în funcție de injectia de putere a surselor de GD

## Caz analizat: 80% injectie din GD



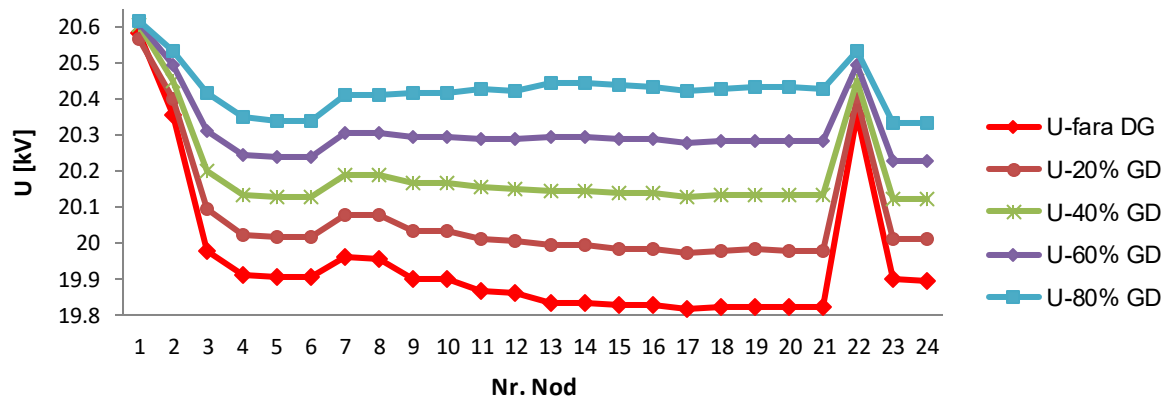
Evoluția variației tensiunii în nodurile rețelei test de 20 kV în cazul în care se injectează 80% din GD



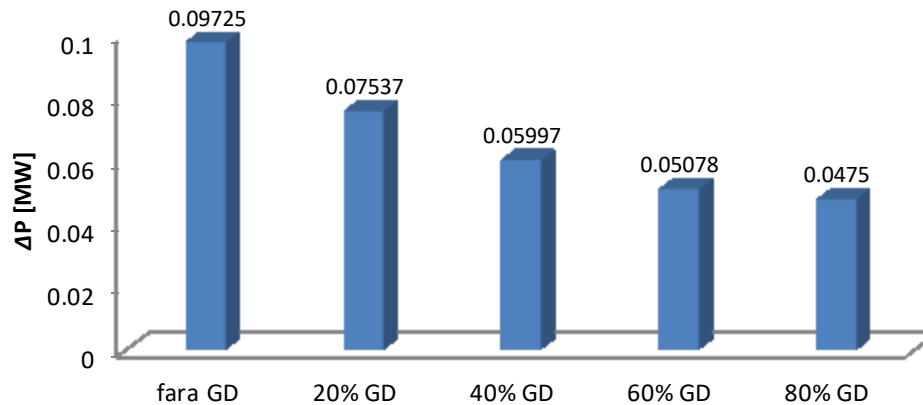
Variația funcției obiectiv  $\Delta P$  în funcție de plotul de funcționare a trafo din stația 110/20 kV



# INFLUENTA SURSELOR DE GD. CAZUL II – modificarea tensiunii pe partea de 110 kV

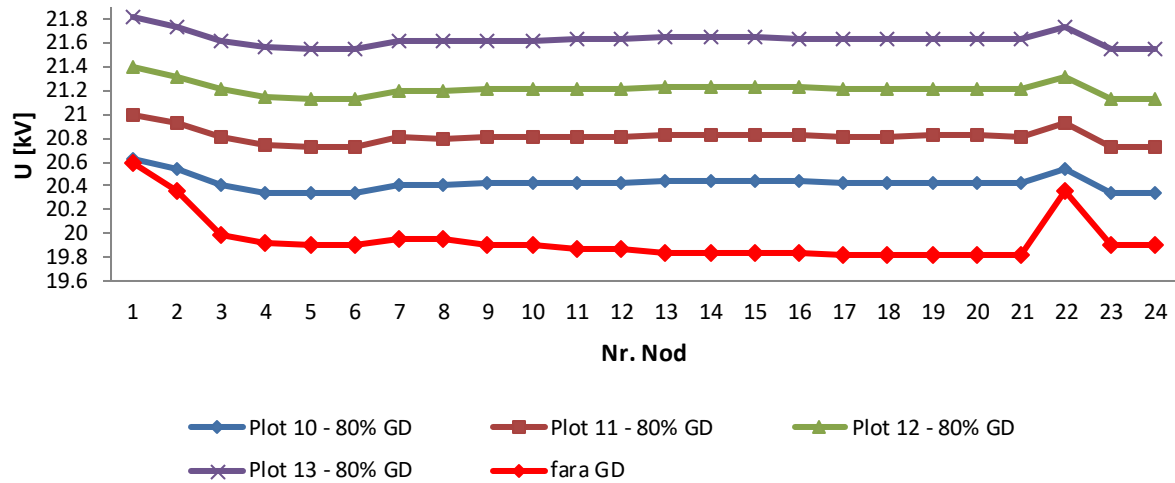


Evolutia variatiei tensiunii in nodurile rețelei test in cazul initial (fara GD) si atunci cand se injecteaza din GD in nod 13

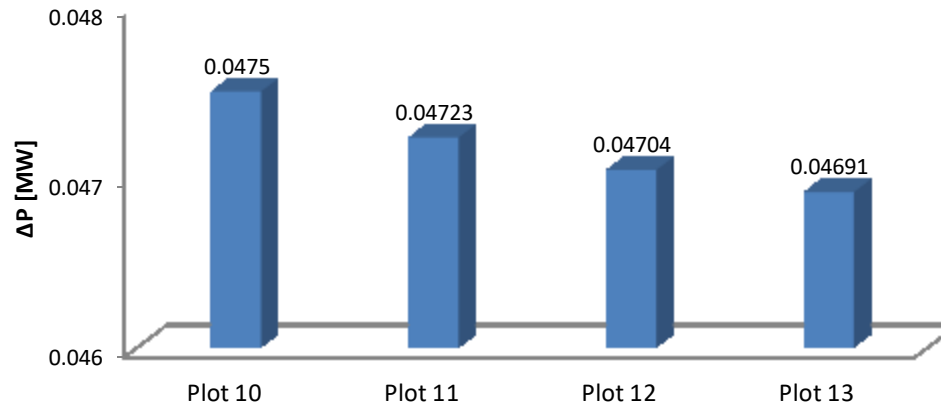


Variația funcției obiectiv  $\Delta P$  în funcție de injectia de putere a surselor de GD

## Caz analizat: 80% injectie din GD



Evolutia variatiei tensiunii in nodurile retelei test de 20 kV in cazul in care se injecteaza 80% din GD



Variația funcției obiectiv  $\Delta P$  în funcție de plotul de funcționare a trafo din stația 110/20 kV

Tabel 1. Valorile pierderilor de putere si variatia tensiunii in noduri, in cazurile analizate

	DP[MW]		U [kV]					
	Caz I	Caz II	Caz I			Caz II		
			N1	N13	N21	N1	N13	N21
<b>fara GD</b>	0.1035	0.0972	19.66	18.87	18.85	20.58	19.83	19.43
<b>20% GD</b>	0.0792	0.0753	19.67	19.04	19.02	20.59	19.99	19.59
<b>40% GD</b>	0.0622	0.0599	19.68	19.90	19.18	20.60	20.14	20.13
<b>60% GD</b>	0.0520	0.0507	19.68	19.35	19.34	20.61	20.29	20.28
<b>80% GD</b>	0.0484	0.0475	19.69	19.51	19.49	20.62	20.44	20.43

Tabel 2. Determinarea plotului optim de functionare in cazul injectiei de 80% din GD

80% din GD	DP[MW]	Plot optim de functionare	U [kV]		
			N1	N13	N21
<b>Caz I</b>	0.0473	14	21.25	21.08	21.06
<b>Caz II</b>	0.0469	13	21.81	21.64	21.63

# Influența coordonării între sursele de distribuție asupra regajului de tensiune

Formularea problemei de optimizare

$$F([\theta],[U],[tc]) = \Delta P([\theta],[U],[tc]) + \sum_{i \in q} QGC_i(Q_i) + \frac{1}{T} \sum_{i,j \in r} TSC_{ij \in r}(\Delta tc_{ij}) = \min!$$

$$P_i([\theta],[U],[tc]) - P_{G_i} + P_{L_i} = 0, \quad i \in n \setminus e,$$

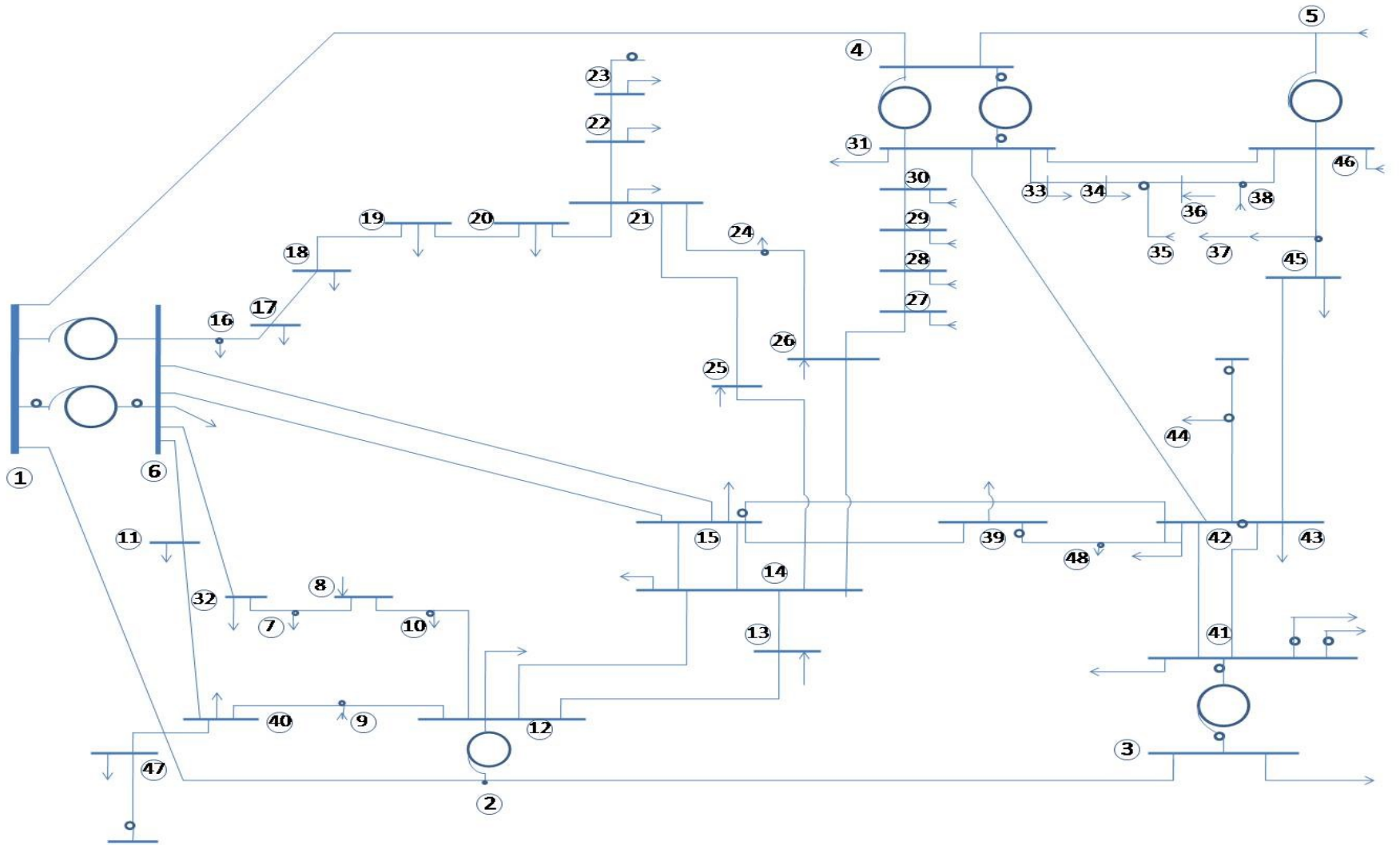
$$Q_i([\theta],[U],[tc]) - Q_{G_i} + Q_{L_i} = 0, \quad i \in C,$$

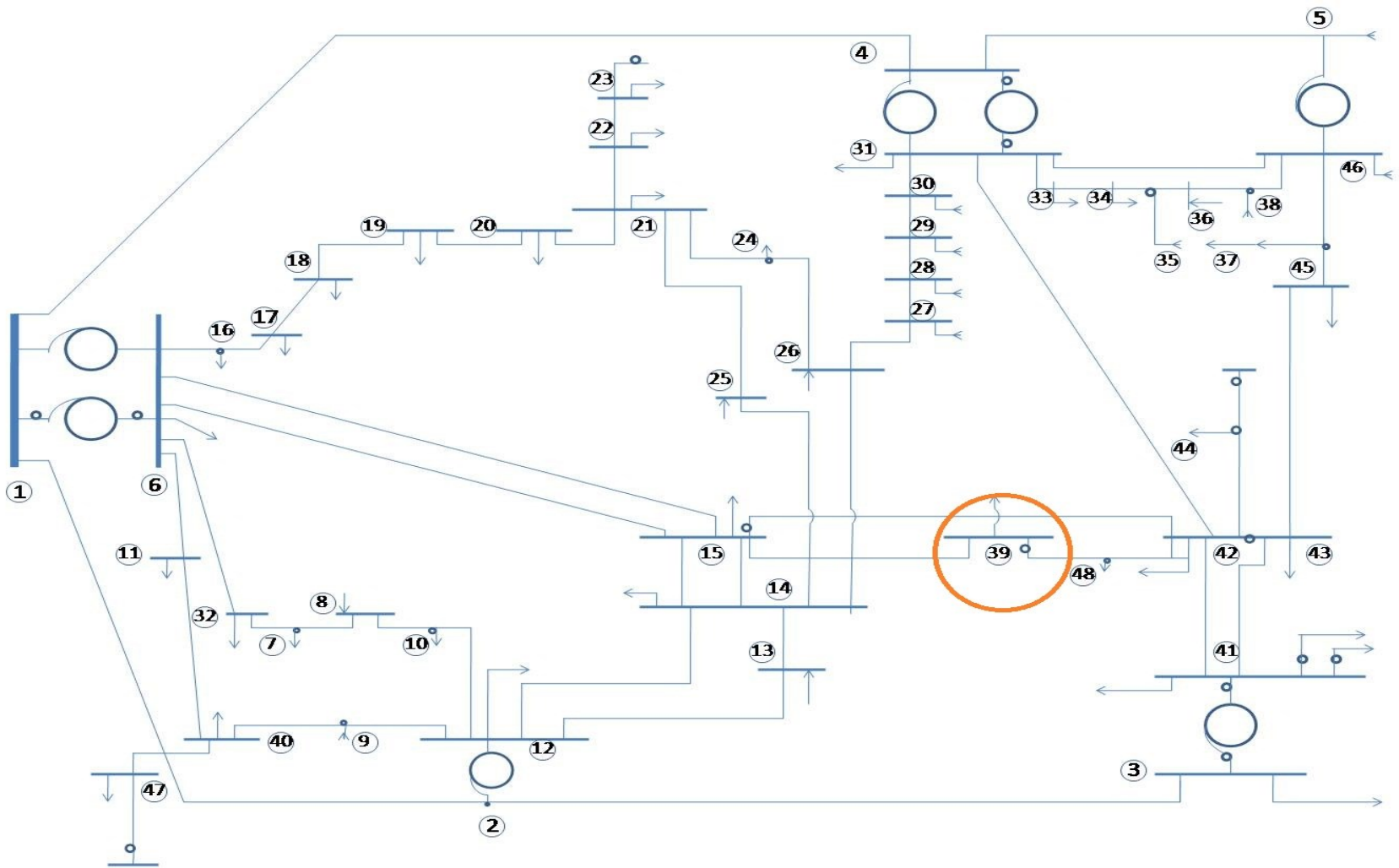
$$U_{i \min} \leq U_i \leq U_{i \max}, \quad i \in n$$

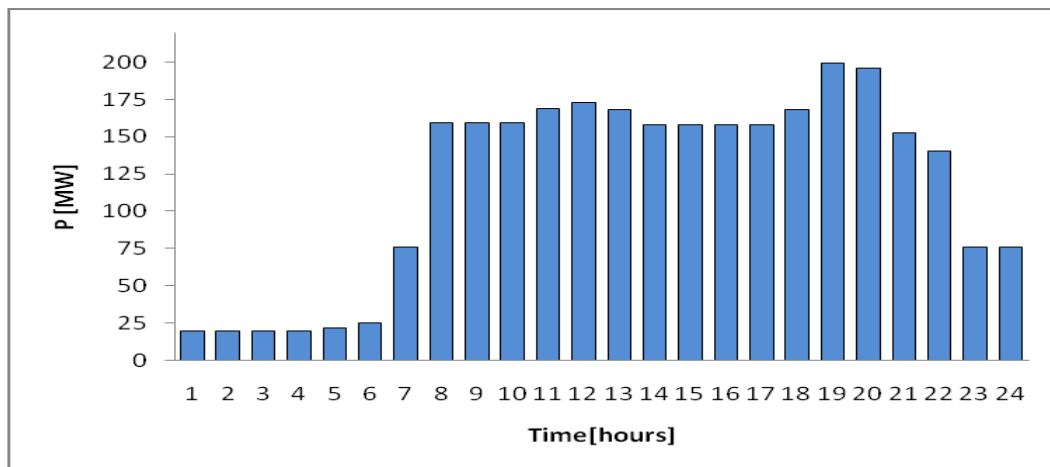
$$Q_{i \min} \leq Q_i([\theta],[U],[tc]) \leq Q_{i \max}, \quad i \in q$$

$$tc_{ij \min} \leq tc_{ij} \leq tc_{ij \max}, \quad ij \in r$$

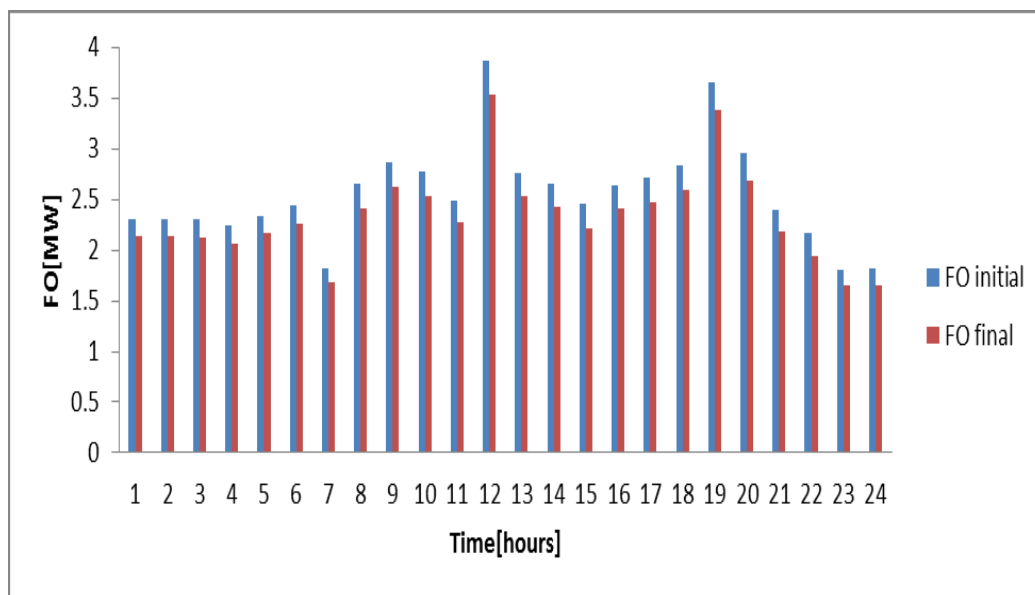
$$0 \leq I_{ij}^2([\theta],[U],[tc]) \leq I_{ij \max}^2, \quad ij \in b$$



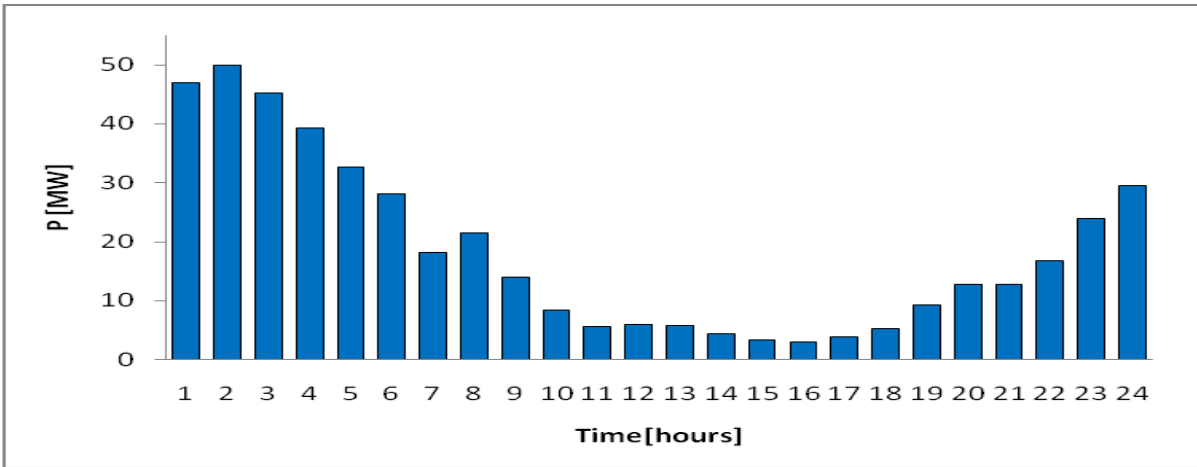




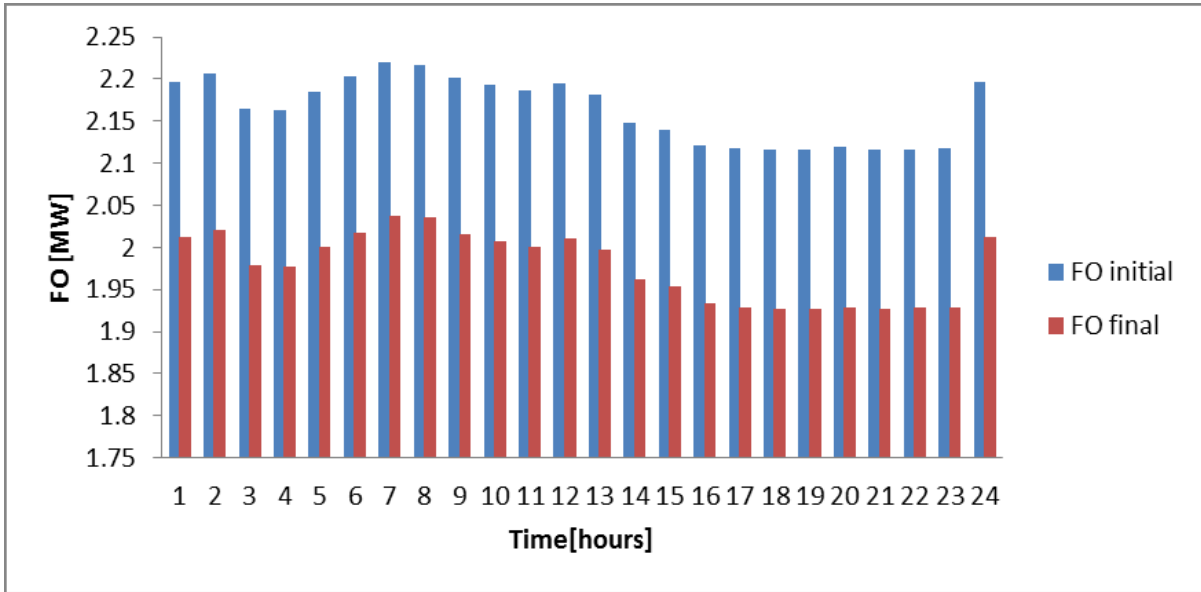
### Injecțiile de putere activa din sursele hidro



### Evoluția pierderilor de putere activa în rețeaua de 220/110 kV analizată



### Injecțiile de putere activă din sursa eoliană



**Evoluția pierderilor de putere activă în rețeaua de 220/110 kV analizată**



## Valorile variabilelor de control (cazul 1)

Timp	Variabilele de control							
	T 1-6		T 4-31		T 5-46		T 2-12	
	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
1	12	13	12	12	11	12	9	13
2	12	13	12	12	11	12	9	13
3	12	13	12	12	11	12	9	13
4	12	13	12	12	11	12	9	13
5	12	13	12	12	11	12	9	13
6	12	13	12	12	11	12	9	13
7	12	13	12	11	11	11	9	12
8	12	13	12	12	11	11	9	12
9	12	13	12	12	11	11	9	13
10	12	13	12	12	11	11	9	13
11	12	13	12	12	11	12	9	13
12	12	12	12	11	11	10	9	12
13	12	13	12	12	11	11	9	13
14	12	12	12	12	11	11	9	13
15	12	12	12	11	11	11	9	12
16	12	13	12	12	11	11	9	12
17	12	13	12	12	11	11	9	12
18	12	13	12	12	11	11	9	13
19	12	12	12	11	11	10	9	12
20	12	12	12	11	11	11	9	12
21	12	13	12	12	11	12	9	13
22	12	12	12	11	11	11	9	12
23	12	12	12	12	11	12	9	13
24	12	13	12	12	11	11	9	13

## Valorile variabilelor de control (cazul 2)

Timp	Variabilele de control							
	T 1-6		T 4-31		T 5-46		T 2-12	
	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
1	12	13	12	12	11	11	9	13
2	12	13	12	12	11	11	9	13
3	12	13	12	12	11	11	9	13
4	12	13	12	12	11	11	9	13
5	12	13	12	12	11	11	9	13
6	12	13	12	12	11	11	9	13
7	12	13	12	12	11	11	9	12
8	12	13	12	12	11	11	9	12
9	12	13	12	12	11	11	9	13
10	12	13	12	12	11	11	9	13
11	12	13	12	12	11	11	9	13
12	12	13	12	12	11	11	9	13
13	12	13	12	12	11	11	9	13
14	12	13	12	12	11	11	9	13
15	12	13	12	12	11	11	9	13
16	12	13	12	12	11	11	9	13
17	12	13	12	12	11	11	9	13
18	12	13	12	12	11	11	9	13
19	12	13	12	12	11	11	9	13
20	12	13	12	12	11	11	9	13
21	12	13	12	12	11	11	9	13
22	12	13	12	12	11	11	9	13
23	12	13	12	12	11	11	9	13
24	12	13	12	12	11	11	9	13