



ISTANBUL **TECHNICAL** UNIVERSITY

DAĞITIK ÜRETİM SİSTEMLERİNİN AKILLI ŞEBEKELER ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Prof.Dr.Belgin Emre TÜRKEY
turkayb@itu.edu.tr

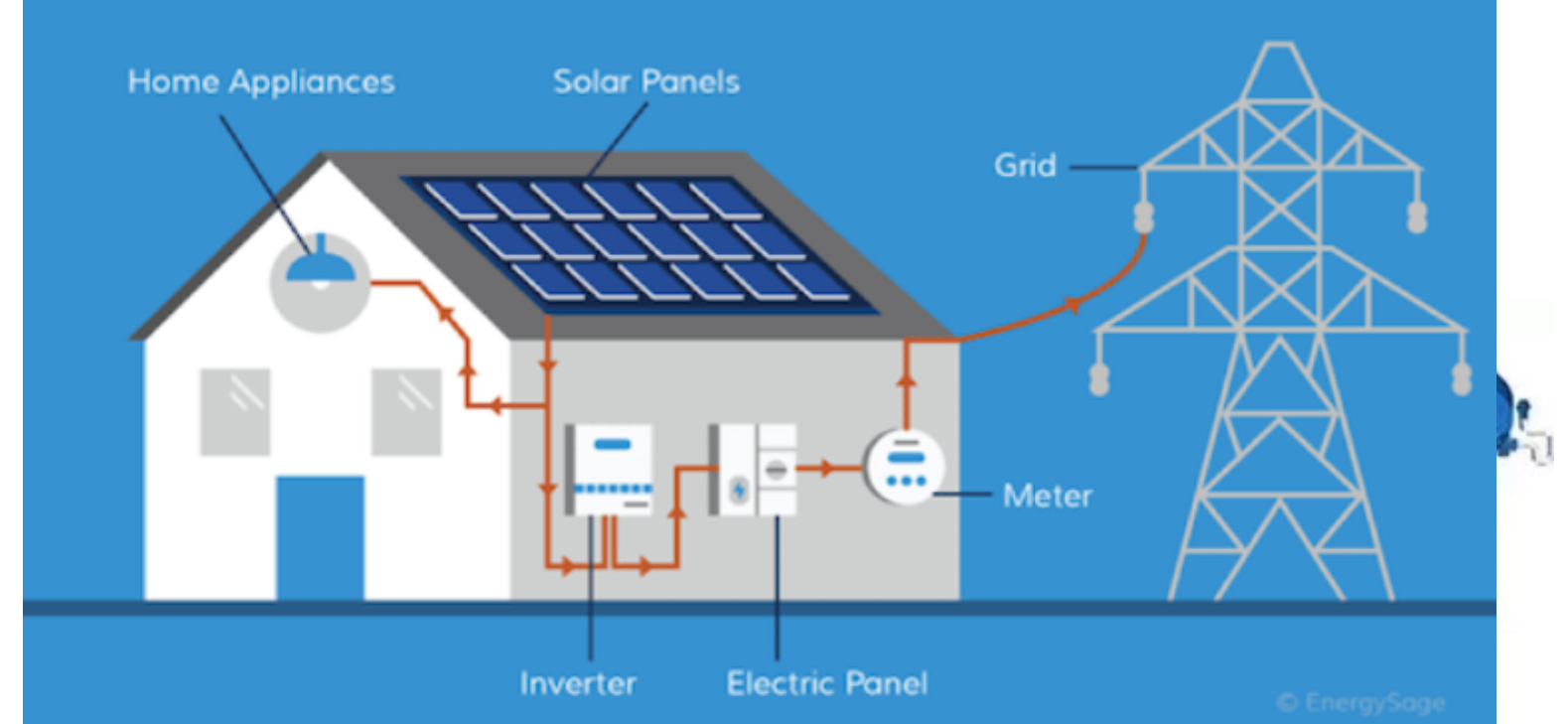
18/10/2019

- GİRİŞ
- DAĞITIK ÜRETİM (DG)
- SİSTEM UYGULAMALARI
- SONUÇLAR

- **Artan enerji tüketimi**
 - **Hat yüklenmeleri, Hat kayıpları**
 - **Paralel hatlar ve ek maliyetler**
- **Tüketim noktasına yakın bağlanabilmesi**
- **Hat kayıplarının azaltılması**
- **Gerilim ve yük kararlılığında iyileşme**
- **Şebeke güvenilirliğini, güvenliğini ve güç kalitesinde artış**
- **İletim ve dağıtım masraflarının azaltılması**
- **Yakıt tüketiminin azaltılması**
- **Karbon salınımında azalma**

DAĞITIK ÜRETİM ÇEŞİTLERİ

- Bilinen teknolojiler
 - Mikro türbinler
- Gelişmekte olan teknolojiler
 - Yakıt pili
 - Depolama cihazları
 - Bataryalar
 - Volanlar
 - Ultrakapasitör
 - SMES
 - Yenilenebilir enerji cihazları
 - Güneş paneli (PV)
 - Rüzgar türbini (WT)
 - Biokütle vb..



DAĞITIK ÜRETİM ÇEŞİTLERİ



- Enerji arzına göre:
 - Şebekeye aktif güç sağlama
 - Şebekeye reaktif güç sağlama
 - Şebekeye hem aktif hem de reaktif güç sağlama
- Enerji kaynağına göre:
 - Yenilenebilir enerji kaynakları (RES)
 - Fosil yakıtlar

DAĞITIK ÜRETİM KAYNAKLARININ ÇALIŞMA ŞEKİLLERİ



■ Ada şeklinde çalışma

- Dağıtık üretim kaynağı, yükün enerji talebini karşılayacak şekilde seçilmiştir
- Şebekenin herhangi bir sebeple açma yapması durumunda yükü tek başına besler

■ Şebeke ile senkron çalışma

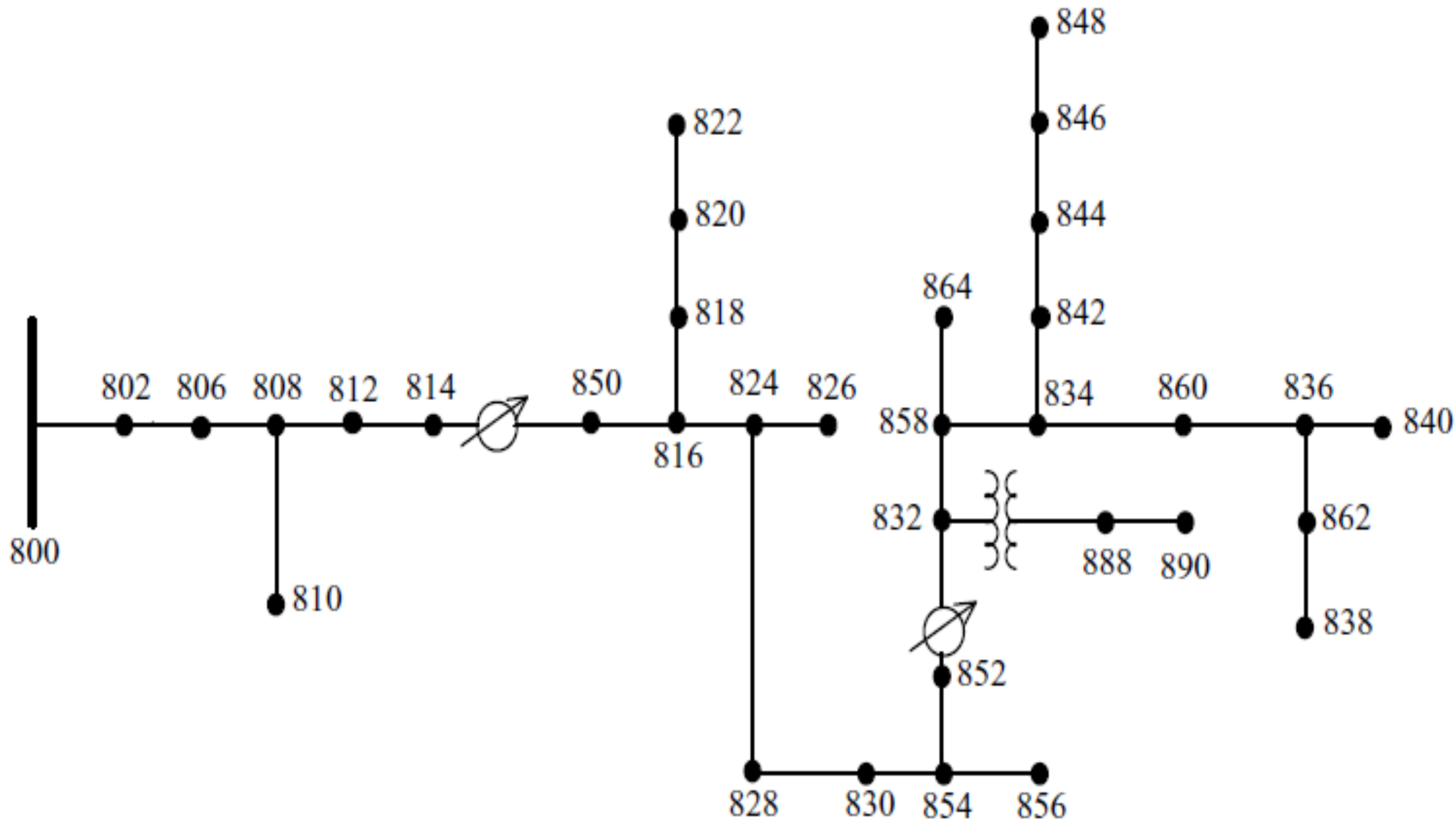
- Yük tarafına bağlama
 - Yedek besleme veya yük paylaşımı
 - Şebekeye enerji sağlamadan şebeke ile senkron çalışma
 - Belli bir yükü beslerken üretim fazlasını şebeke ile paylaşma
- Şebeke tarafına bağlama
 - Şebeke tarafına bağlanan DÜK, şebeke ile senkron çalışmaktadır

Böylece;

- Sistem güvenilirliği artırılmış olur
- Hat yüklenmelerine ve hat kayıplarına olumlu etki sağlanır

SİSTEM UYGULAMALARI

IEEE 34 BARALI TEST SİSTEMİ



Katılımın etkisi (DG yokken, %10 ve %20 oranında varken)

		DG at 848		DG at 890		1 Phase DGs	
DG Barası/%penetration	No DG	10% DG	20% DG	10% DG	20% DG	10% DG	20% DG
Kayıplar (MW)	0.2665	0.2223	0.1852	0.2017	0.1556	0.2357	0.2081
Kayıplar (MVA _r)	0.1190	0.0766	0.0404	0.0540	0.008	0.0887	0.0615
Min. Gerilim	0.90619	0.9219	0.9371	0.9538	0.9753	0.9125	0.9186
Max. Gerilim	1.05694	1.067	1.0823	1.0686	1.0839	1.0608	1.0822
Max. Phase imbl. (%)	1.9477	1.9357	1.9255	1.8769	1.8323	2.3553	3.0857
Max. Kısa devre akımı(KA)	1.1298	1.2034	1.2109	1.3020	1.3090	1.156	1.224

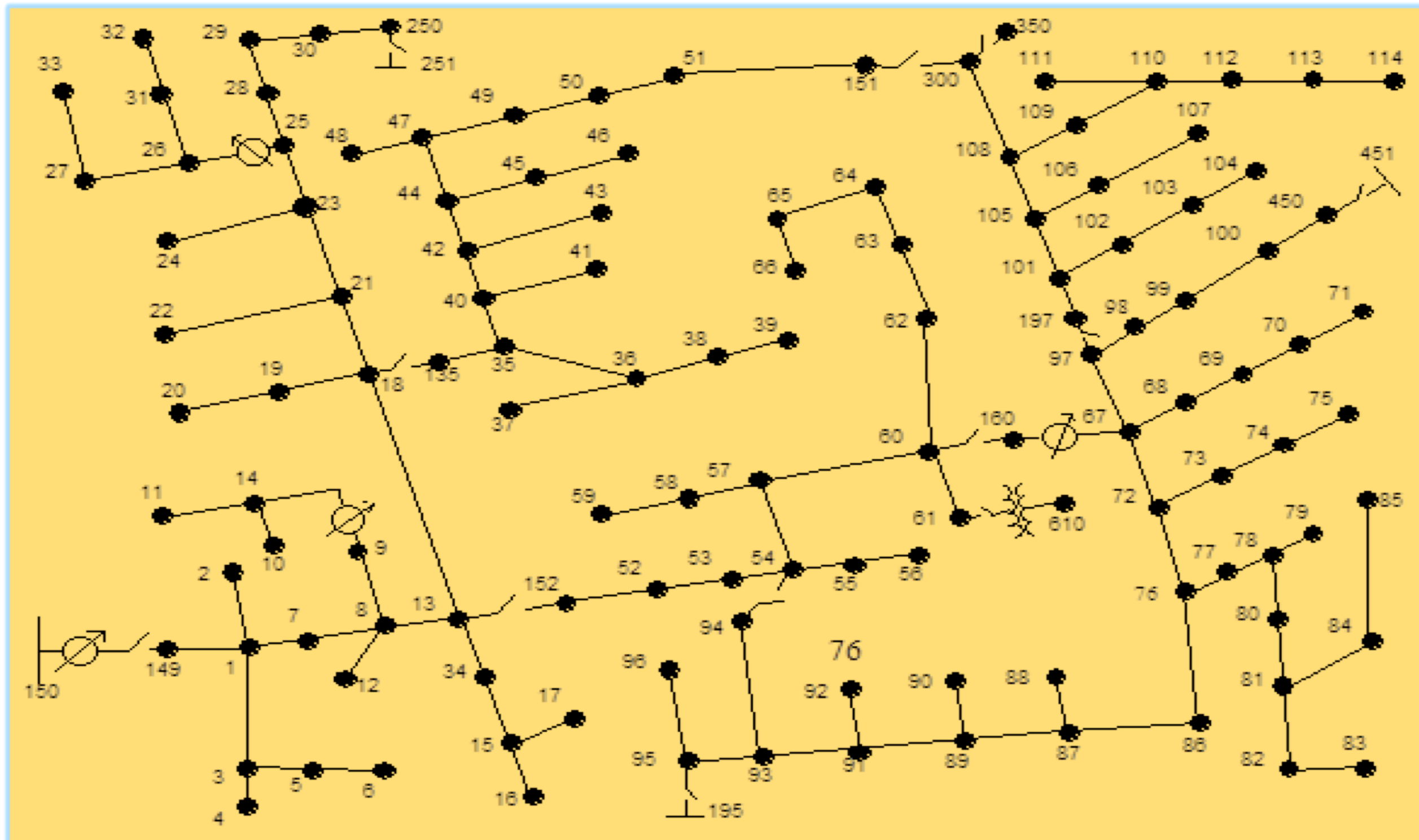
Dağıtık Üretim Kaynağının Yerinin Bara Gerilimlerine Etkisi

	Min. Gerilim		Max. Gerilim	
DG node	Mag. (p.u.)	Node	Mag.(p.u.)	Node
No DG	0.90619	890	1.05694	800
808	0.91112	890	1.057267	800
816	0.921633	890	1.066514	832
854	0.92826	890	1.073279	832
832	0.936834	890	1.082037	832
834	0.937035	890	1.082285	832
840	0.937035	890	1.082277	832
848	0.937095	890	1.082341	832
890	0.975326	814	1.083875	832
1 phase DGs	0.918615	890	1.08223	823

Bağlantı noktasının arıza akımlarına etkisi

	Fault current ratio								
Faulted Node/DG Node	808	816	854	832	834	840	848	890	1 phase DGs
800	1.090	1.078	1.071	1.065	1.063	1.063	1.063	1.063	0.993
808	1.143	1.128	1.118	1.110	1.108	1.107	1.107	1.062	0.993
816	1.078	1.264	1.244	1.231	1.226	1.224	1.224	1.129	0.993
854	1.064	1.210	1.318	1.304	1.297	1.295	1.294	1.168	0.996
832	1.050	1.160	1.238	1.426	1.416	1.412	1.412	1.229	0.997
834	1.048	1.152	1.226	1.402	1.444	1.440	1.439	1.218	0.998
840	1.047	1.149	1.220	1.390	1.431	1.454	1.426	1.212	0.998
848	1.020	1.149	1.220	1.390	1.430	1.426	1.454	1.212	0.998
890	1.143	1.058	1.083	1.133	1.131	1.130	1.130	2.217	1.017

IEEE 123 BARALI TEST SİSTEMİ ANALİZİ



Bus Number	Average Voltage (p.u.)
114	0.8970307
113	0.8971603
111	0.8977586
112	0.8977883
110	0.8979877
96	0.8983846
94	0.8984229
109	0.8985856
92	0.8988984
90	0.8994311
88	0.9001811
85	0.9003122
107	0.9003764
84	0.9006896
106	0.9008333
104	0.9014671
103	0.9020227
102	0.9025386
75	0.9035972
74	0.903914
73	0.9044683
71	0.9062784
70	0.9064956
69	0.9068806
68	0.9074234

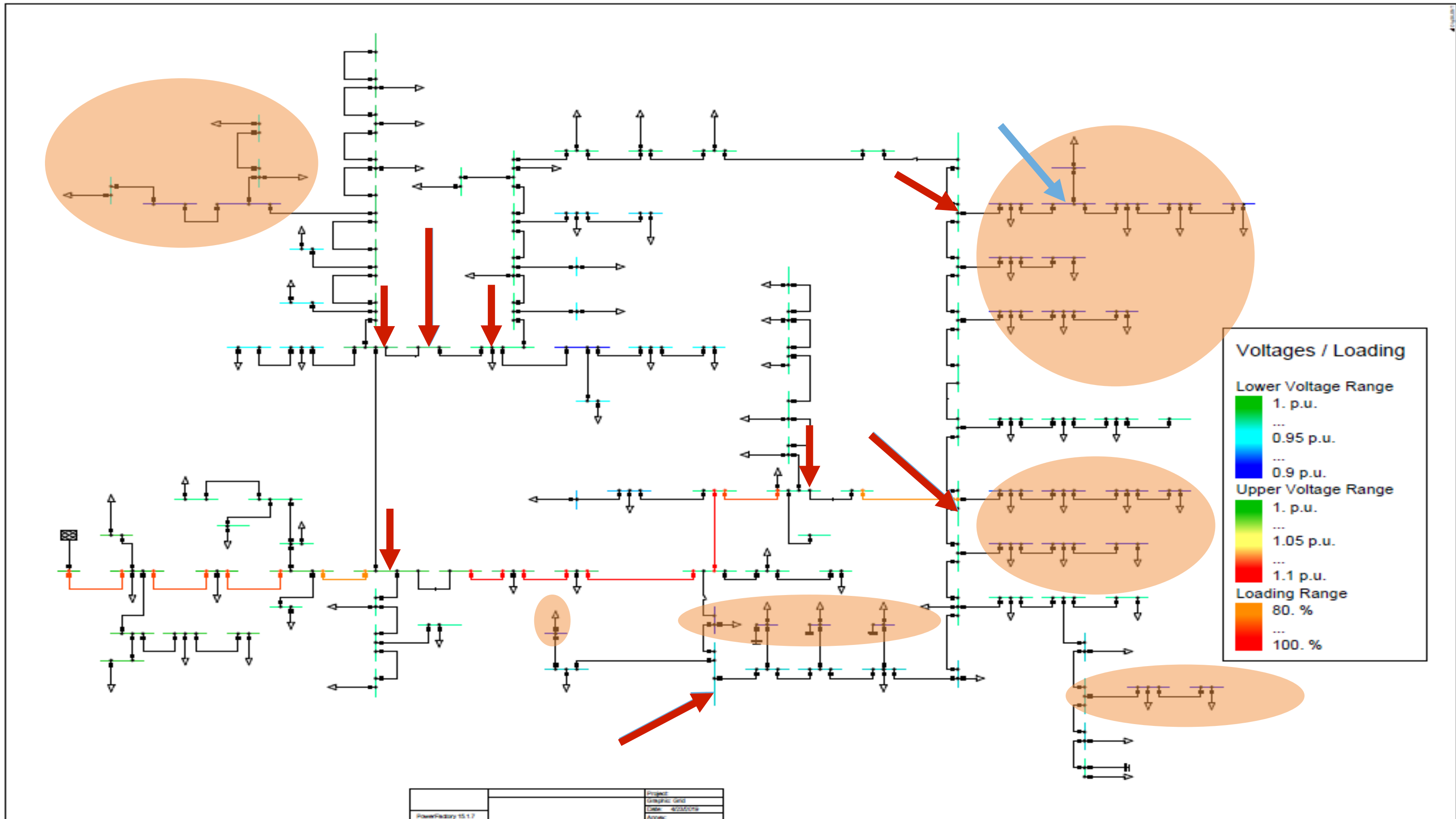
Short circuit calculation in important junction nodes

Faulted point	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	i_p (kA)
13	285.68	35.86	63.64
18	122.19	15.34	27.11
35	96.96	12.17	21.5
60	72.14	9.05	15.99
108	45.26	5.68	10.03

Lines with overload problem

Line No.	Loading (%)	
Line(55)	101.9756	
Line(51)	100.3303	
Line(52)	98.68679	
Line(61)	97.86629	
Line(8)	94.68186	
Line(57)	94.47181	
Line	89.04684	
Line(1)	88.64477	
Line(117)	83.74635	
Line(59)	82.83662	

IEEE 123 BARALI TEST SİSTEMİ ANALİZİ



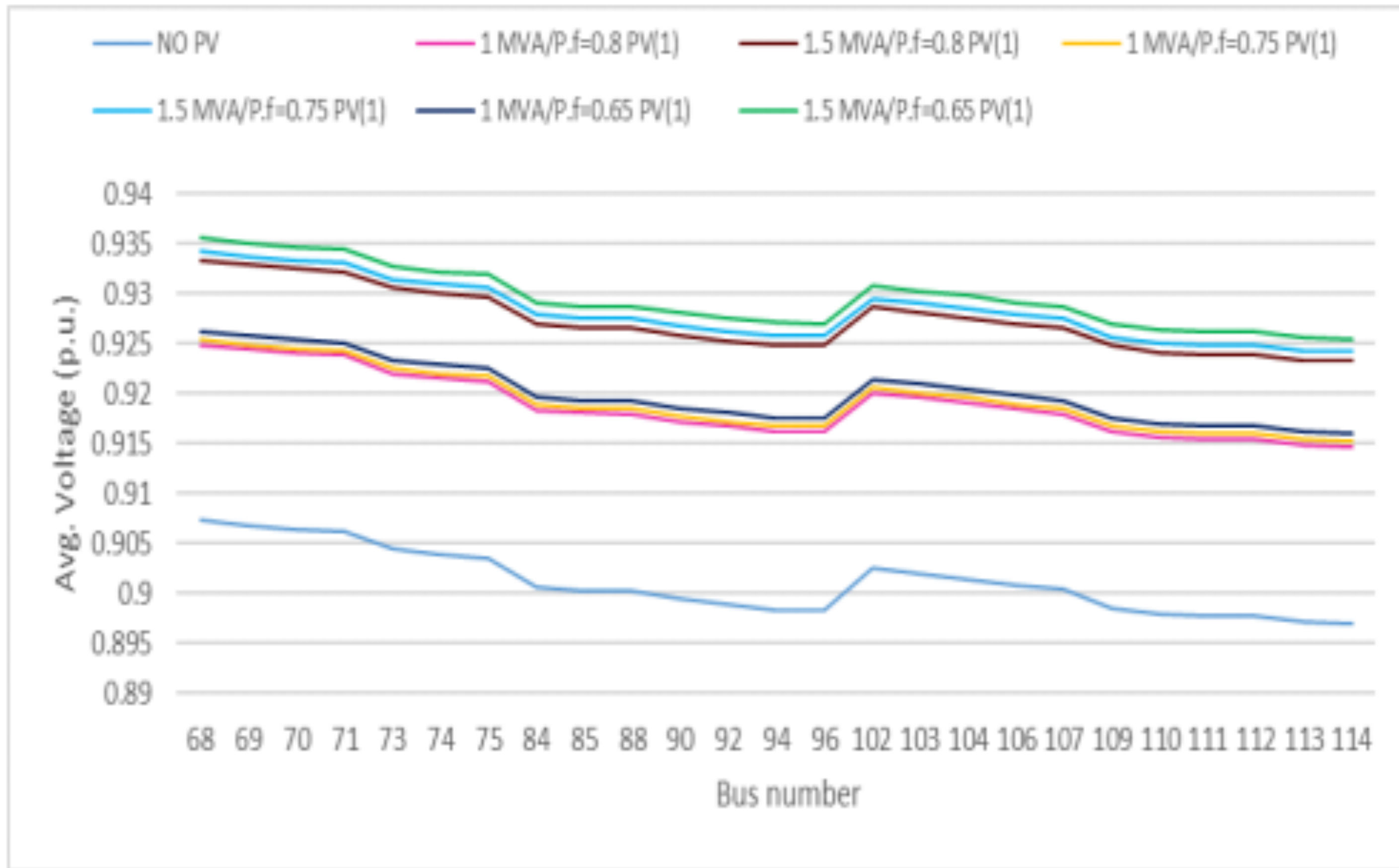
67 no'lu bara (bağlantı noktası)

Bus number	S= 1MVA			S= 1.5MVA			
	p.f=0.8	p.f=0.75	p.f=0.65	p.f=0.8	p.f=0.75	p.f=0.65	
68	0.9250	0.9255	0.9263	0.9334	0.9344	0.9356	
69	0.9244	0.9249	0.9258	0.9329	0.9338	0.9351	
70	0.9241	0.9246	0.9254	0.9325	0.9334	0.9347	
71	0.9238	0.9243	0.9252	0.9323	0.9332	0.9345	
73	0.9221	0.9226	0.9234	0.9306	0.9315	0.9328	
74	0.9216	0.9220	0.9229	0.9300	0.9310	0.9322	
75	0.9212	0.9217	0.9226	0.9297	0.9307	0.9319	
84	0.9184	0.9189	0.9198	0.9270	0.9279	0.9292	
85	0.9181	0.9185	0.9194	0.9266	0.9275	0.9288	
88	0.9180	0.9185	0.9193	0.9266	0.9275	0.9288	
90	0.9173	0.9178	0.9186	0.9259	0.9268	0.9281	
92	0.9168	0.9173	0.9181	0.9254	0.9263	0.9276	
94	0.9163	0.9168	0.9176	0.9249	0.9258	0.9271	
96	0.9163	0.9167	0.9176	0.9248	0.9258	0.9271	
102	0.9202	0.9207	0.9215	0.9286	0.9296	0.9308	
103	0.9197	0.9202	0.9210	0.9281	0.9291	0.9303	

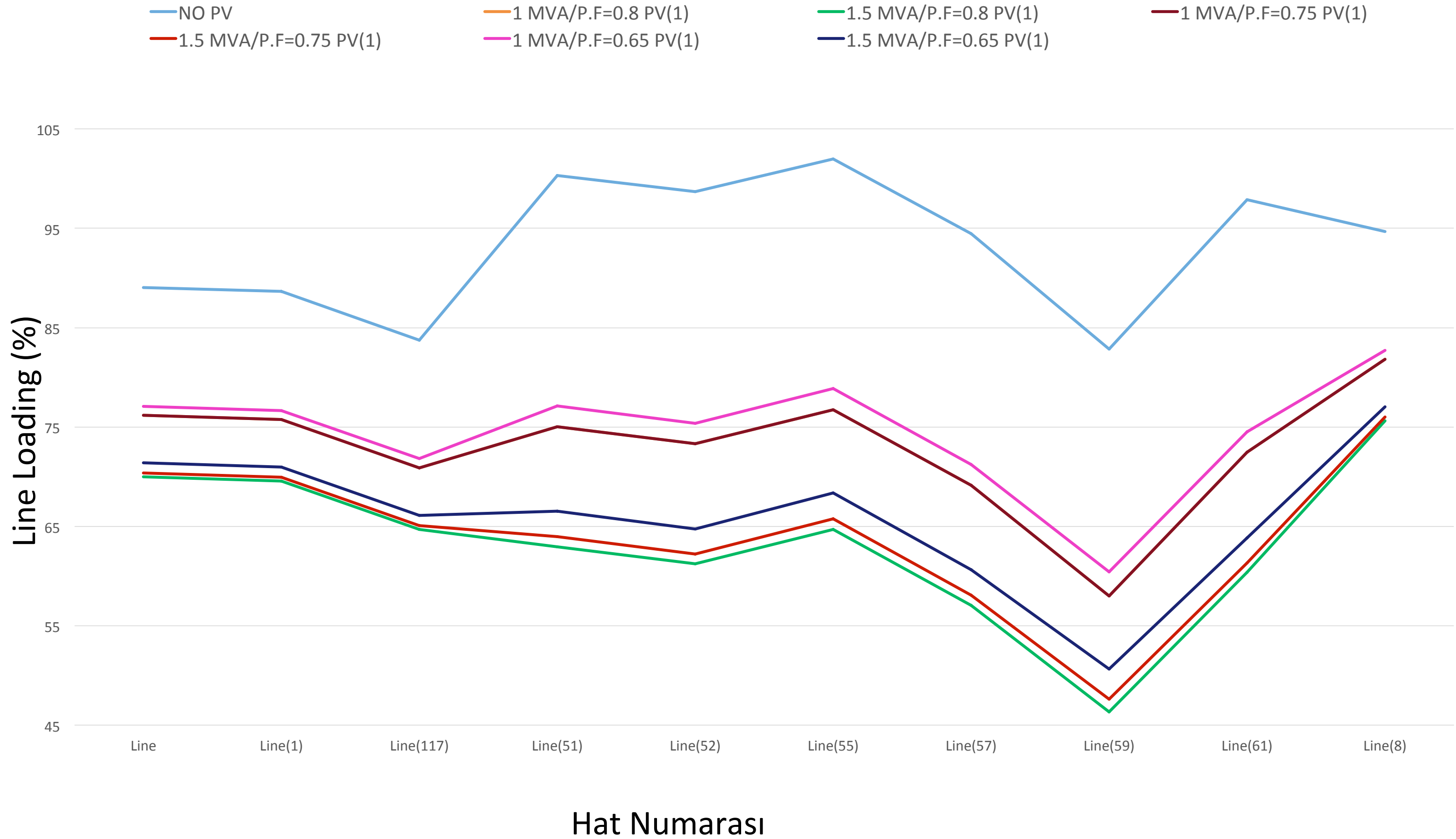
devam

104	0.9191	0.9196	0.9205	0.9276	0.9286	0.9298	
106	0.9185	0.9190	0.9198	0.9270	0.9279	0.9292	
107	0.9181	0.9185	0.9194	0.9265	0.9275	0.9287	
109	0.9163	0.9168	0.9176	0.9248	0.9257	0.9270	
110	0.9157	0.9162	0.9170	0.9242	0.9252	0.9264	
111	0.9155	0.9160	0.9168	0.9240	0.9249	0.9262	
112	0.9155	0.9160	0.9168	0.9240	0.9250	0.9262	
113	0.9149	0.9154	0.9162	0.9234	0.9244	0.9256	
114	0.9148	0.9152	0.9161	0.9233	0.9242	0.9255	

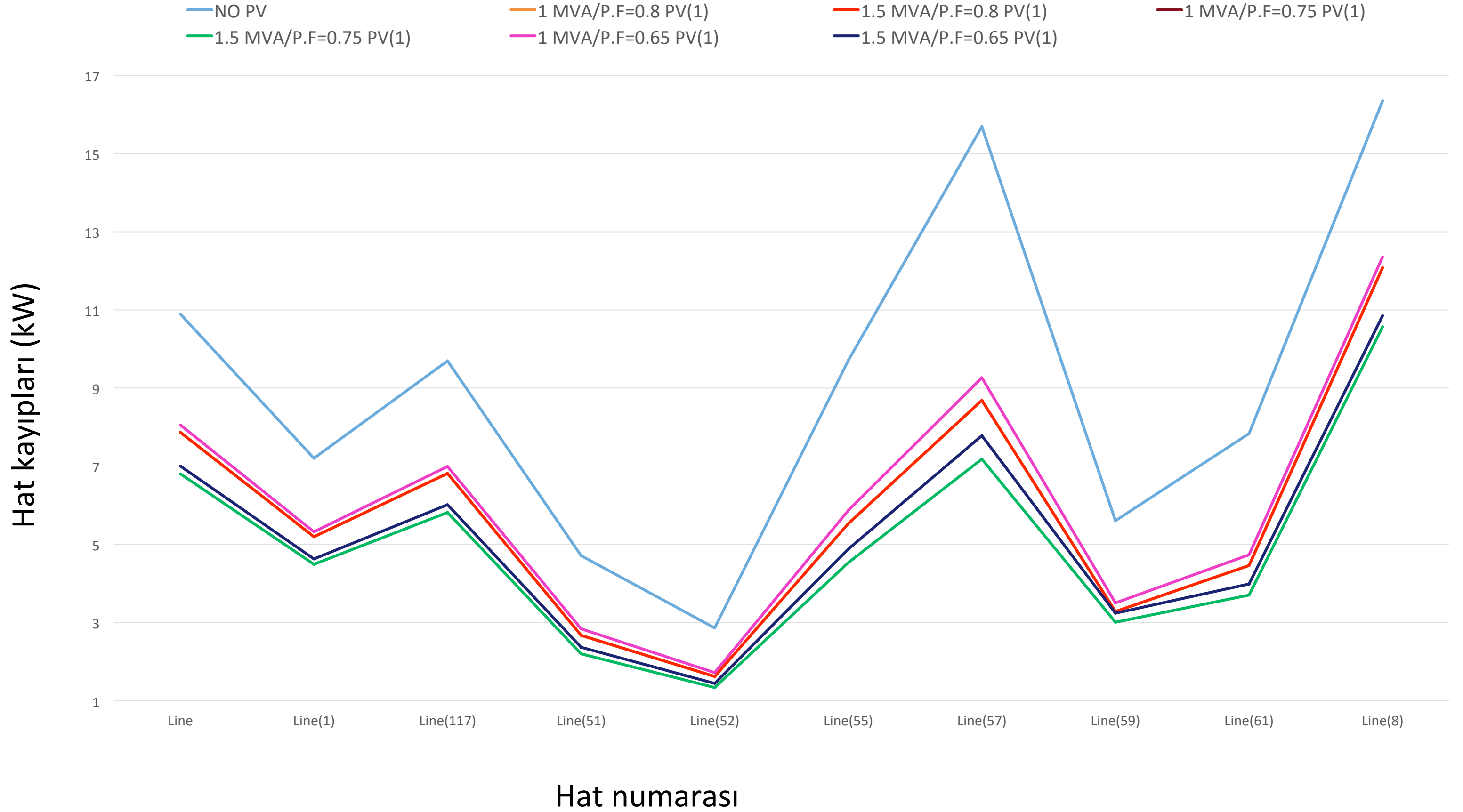
67. BARAYA GÜNEŞ PANELİ YERLEŞTİRME



67. BARAYA GÜNEŞ PANELİ YERLEŞTİRİLMESİYLE AŞIRI YÜKLENEN HATLAR



67. BARAYA GÜNEŞ PANELİ YERLEŞTİRİLMESİ VE HAT KAYIPLARI



KISA DEVRE AKIMLARI-BARA 67

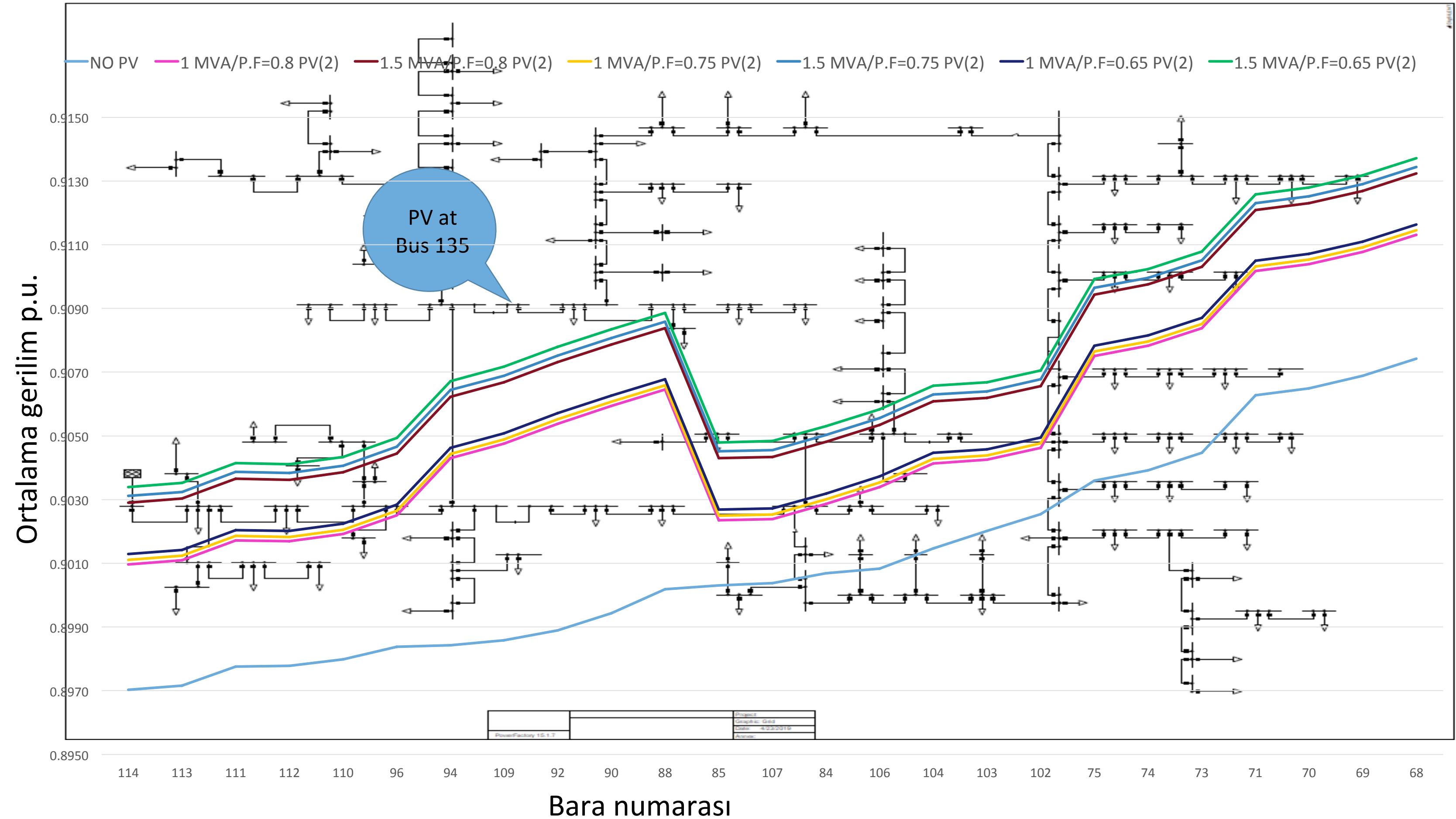
67. Baraya güneş paneli yerleştirmeden önce kısa devre akımları

Arıza noktası	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	I_p (kA)
67	63.1	7.92	13.98
93	34.26	4.3	7.59
135	122.19	15.34	27.11
13	285.68	35.86	63.64
18	122.19	15.34	27.11
35	96.96	12.17	21.5
60	72.14	9.05	15.99
108	45.26	5.68	10.03

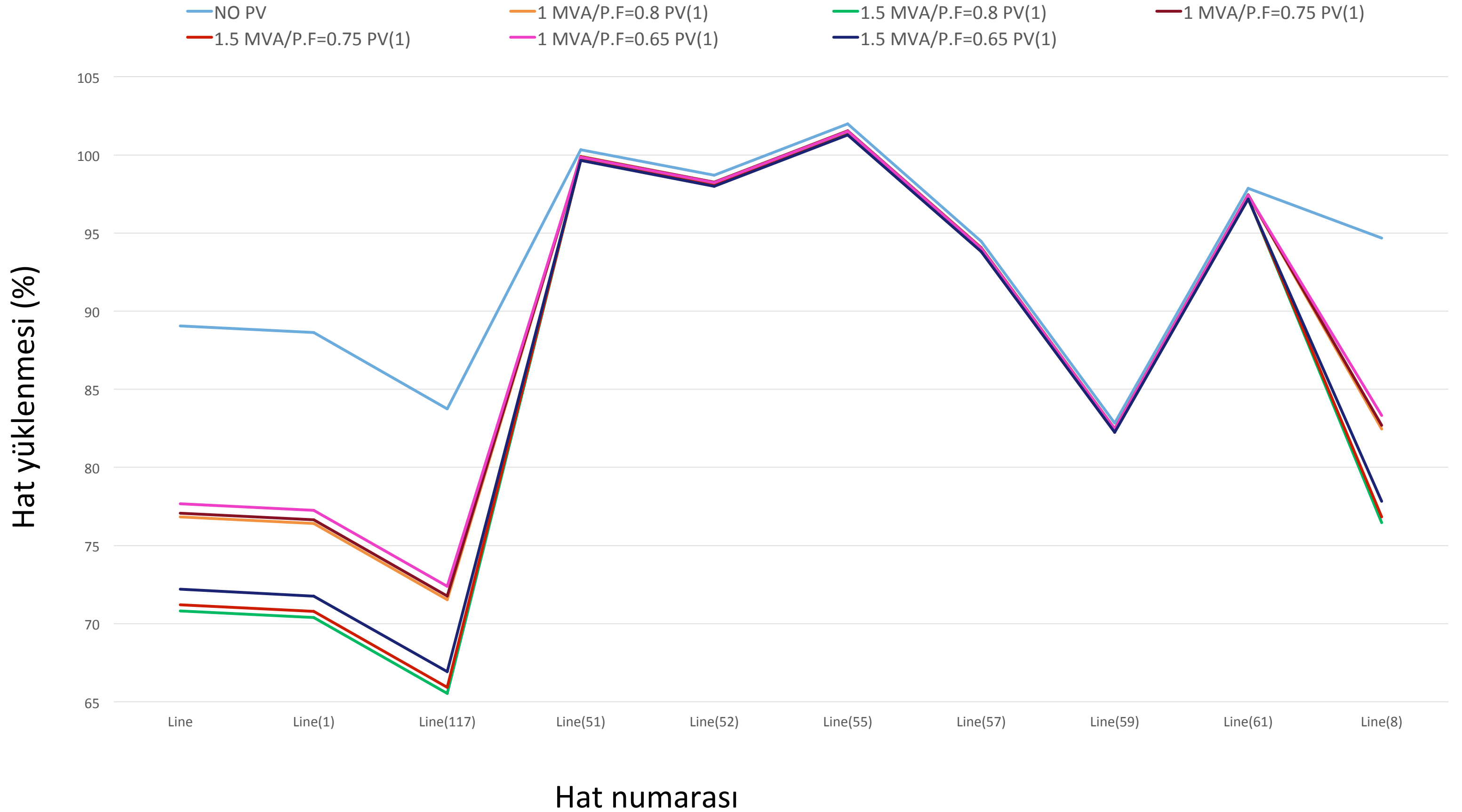
67. Baraya güneş paneli yerleştirdikten sonra kısa devre akımları

Arıza noktası	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	I_p (kA)
67	73.58	9.24	17.58
93	37.15	4.66	8.53
135	123.88	15.55	27.64
13	295.06	37.03	66.65
18	123.88	15.55	27.64
35	98.02	12.3	21.84
60	82.43	10.35	19.48
108	50.43	6.33	11.74

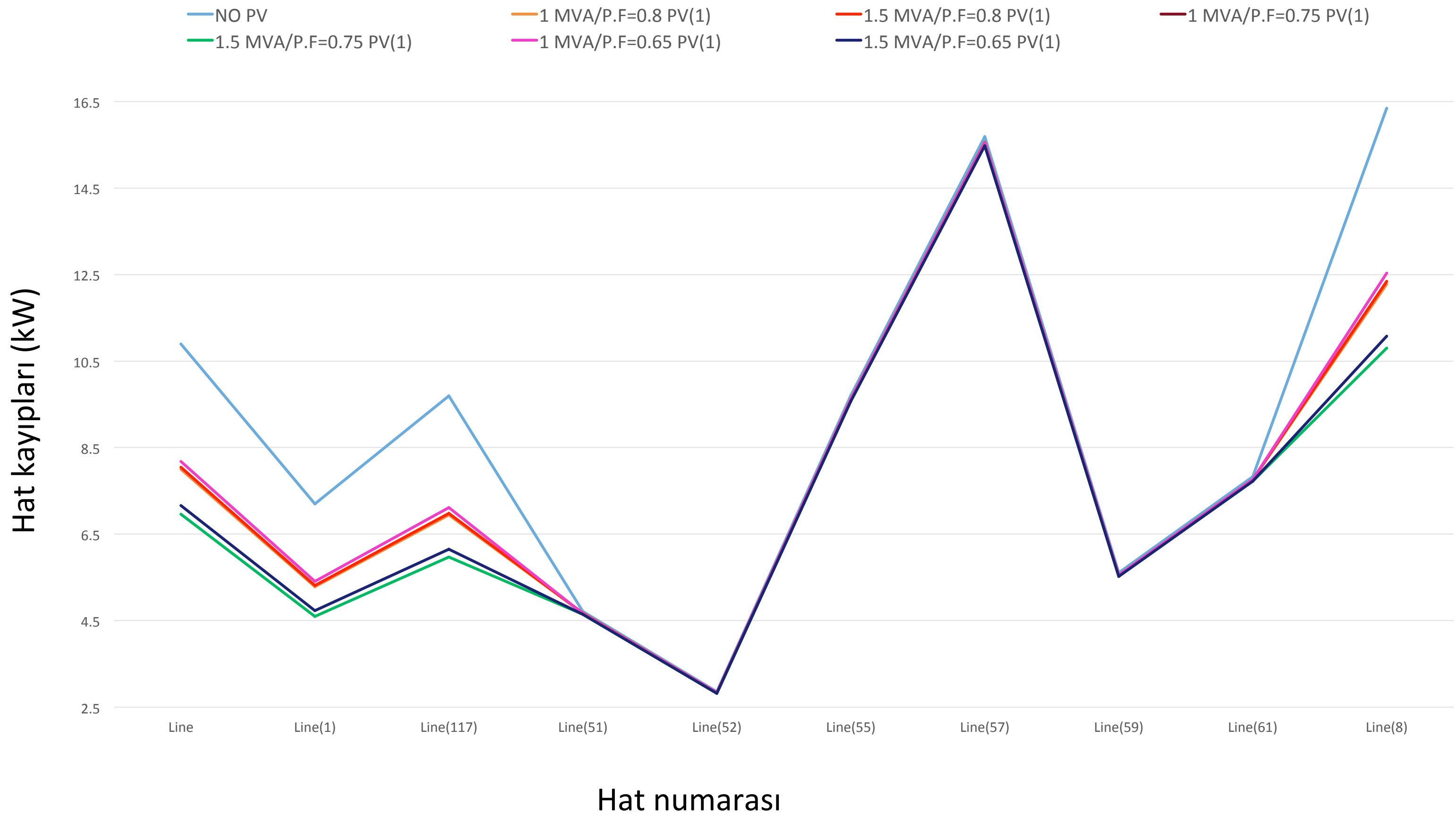
135. BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLAMA



135. BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANDIĞINDA AŞIRI YÜKLENEN HATLAR



135. BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANDIĞINDA HAT KAYIPLARI



KISA DEVRE AKIMLARI-BARA 135

135. Baraya güneş paneli yerleştirmeden önce kısa devre akımları

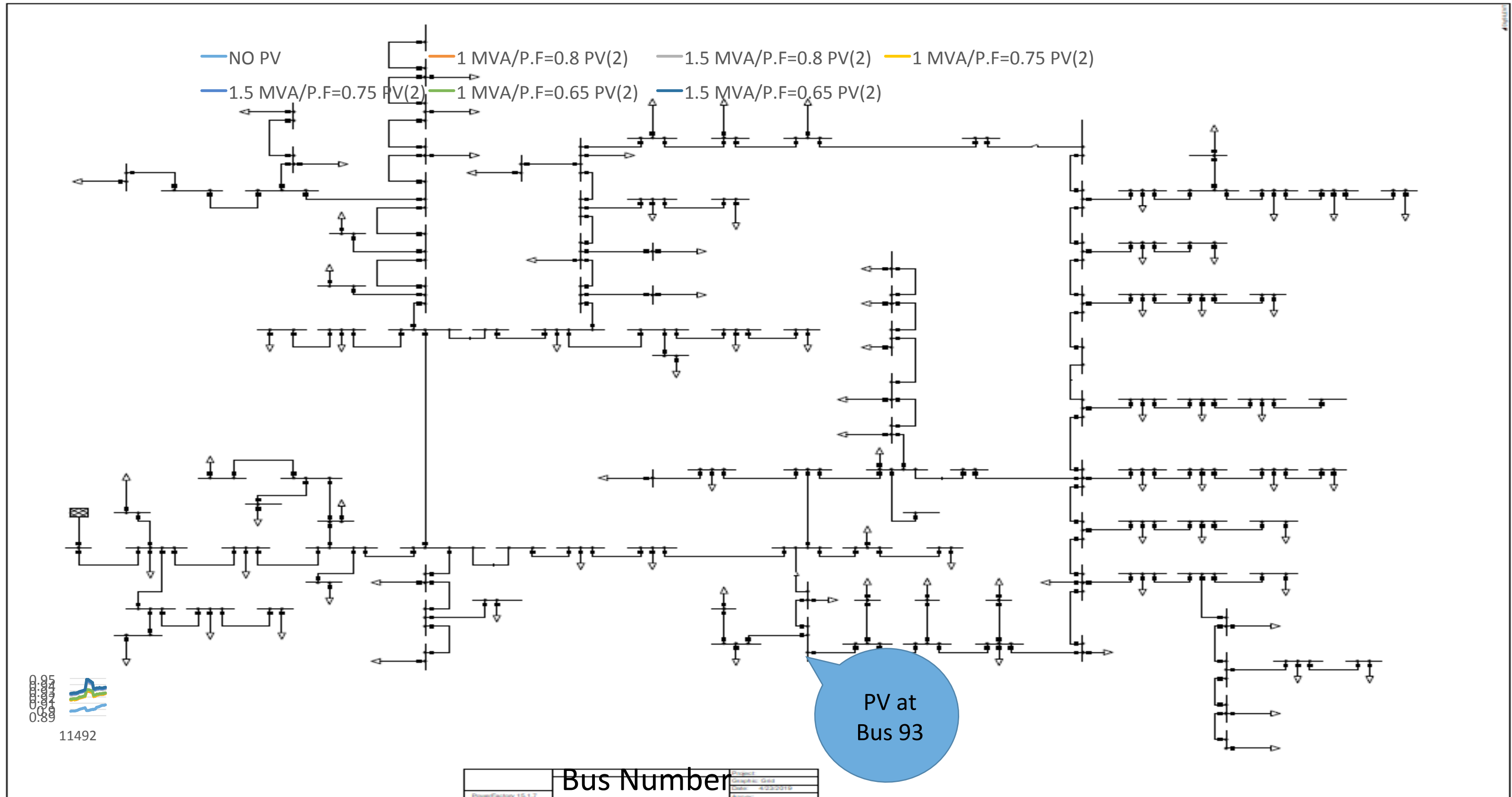
Arıza noktası	Sk"(MVA)	Ik"(kA)	Ip(kA)
67	63.1	7.92	13.98
93	34.26	4.3	7.59
135	122.19	15.34	27.11
13	285.68	35.86	63.64
18	122.19	15.34	27.11
35	96.96	12.17	21.5
60	72.14	9.05	15.99
108	45.26	5.68	10.03

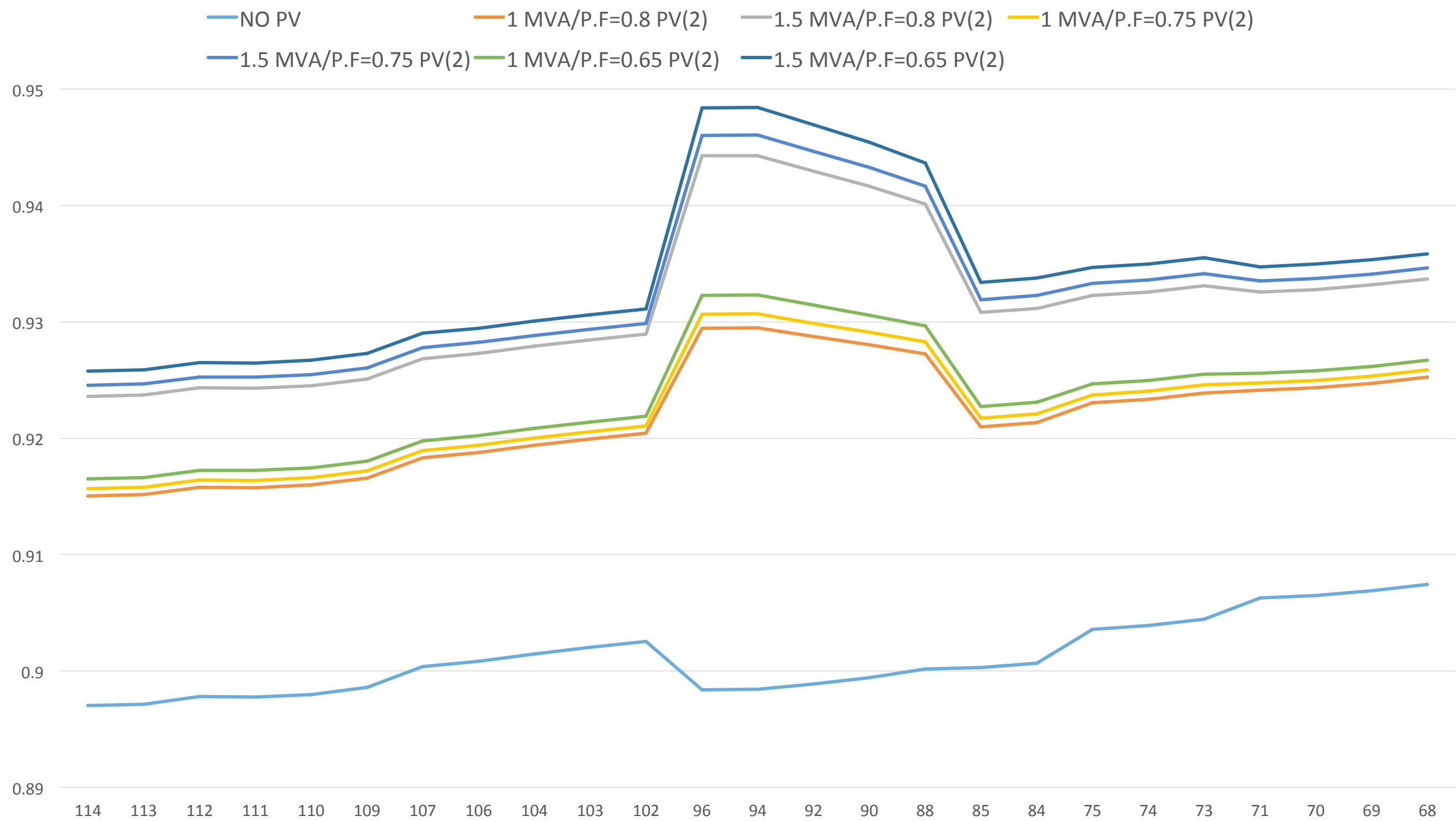
135. Baraya güneş paneli yerleştirdikten sonra kısa devre akımları

Arıza noktası	Sk"(MVA)	Ik"(kA)	Ip(kA)
67	63.57	7.98	14.14
93	34.4	4.32	7.63
135	132.63	16.65	30.71
13	295.69	37.11	66.99
18	132.63	16.65	30.71
35	103.43	12.98	23.68
60	72.77	9.13	16.19
108	45.51	5.71	10.1

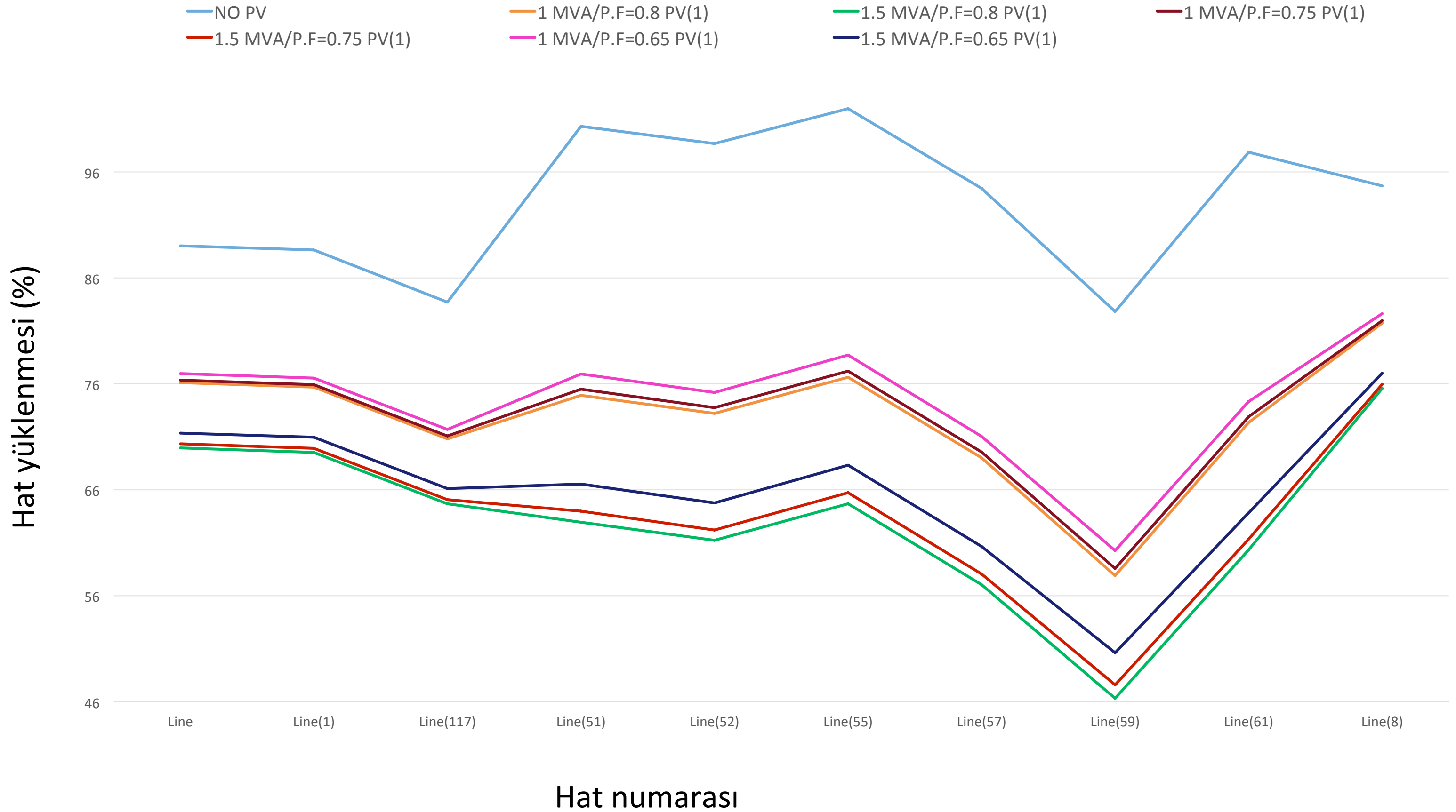
93. BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANMASI

Avg. Voltage p.u.

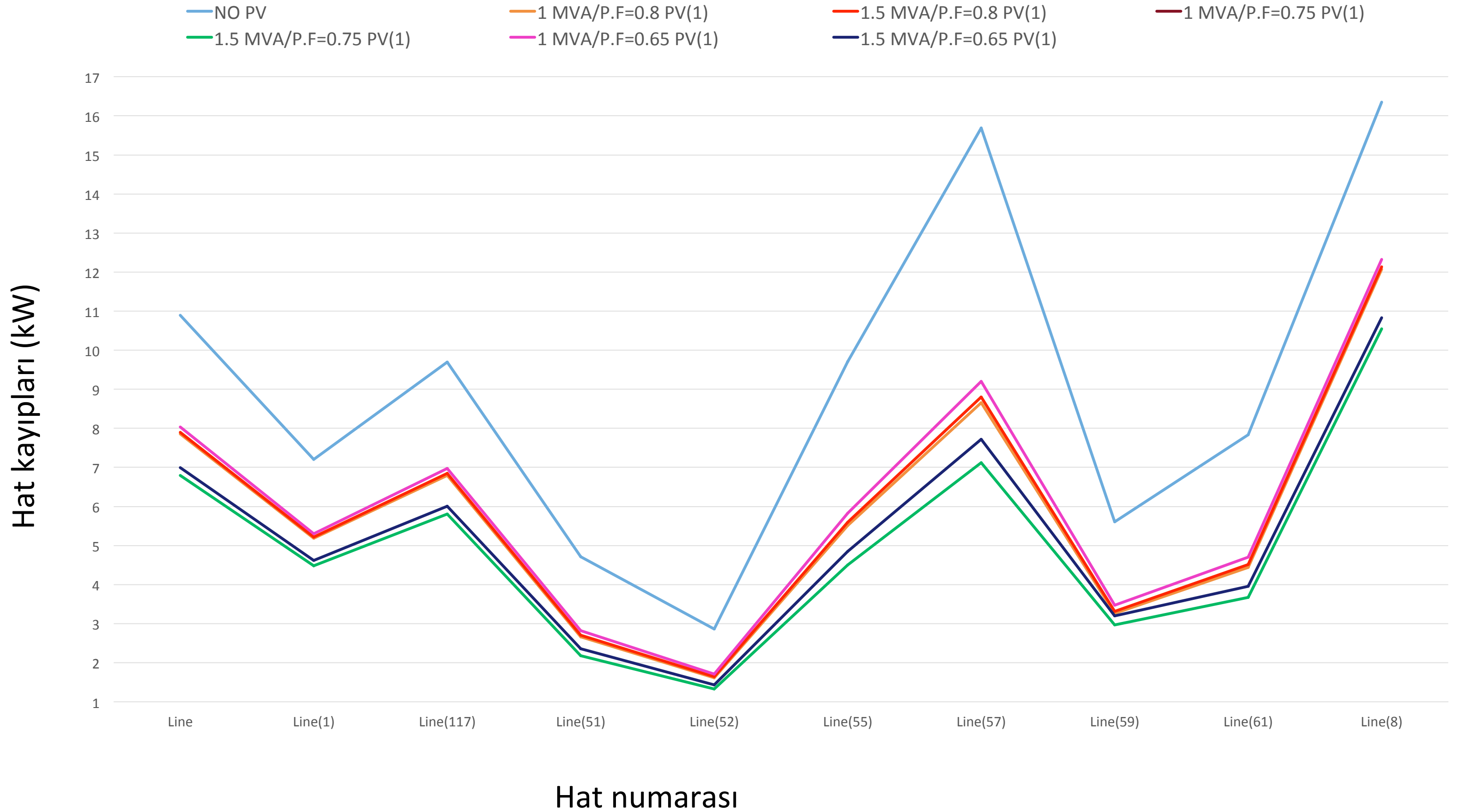




93. BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANDIĞINDA AŞIRI YÜKLENEN HATLAR



93. BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANDIĞINDA HAT KAYIPLARI



KISA DEVRE AKIMLARI-BARA 93

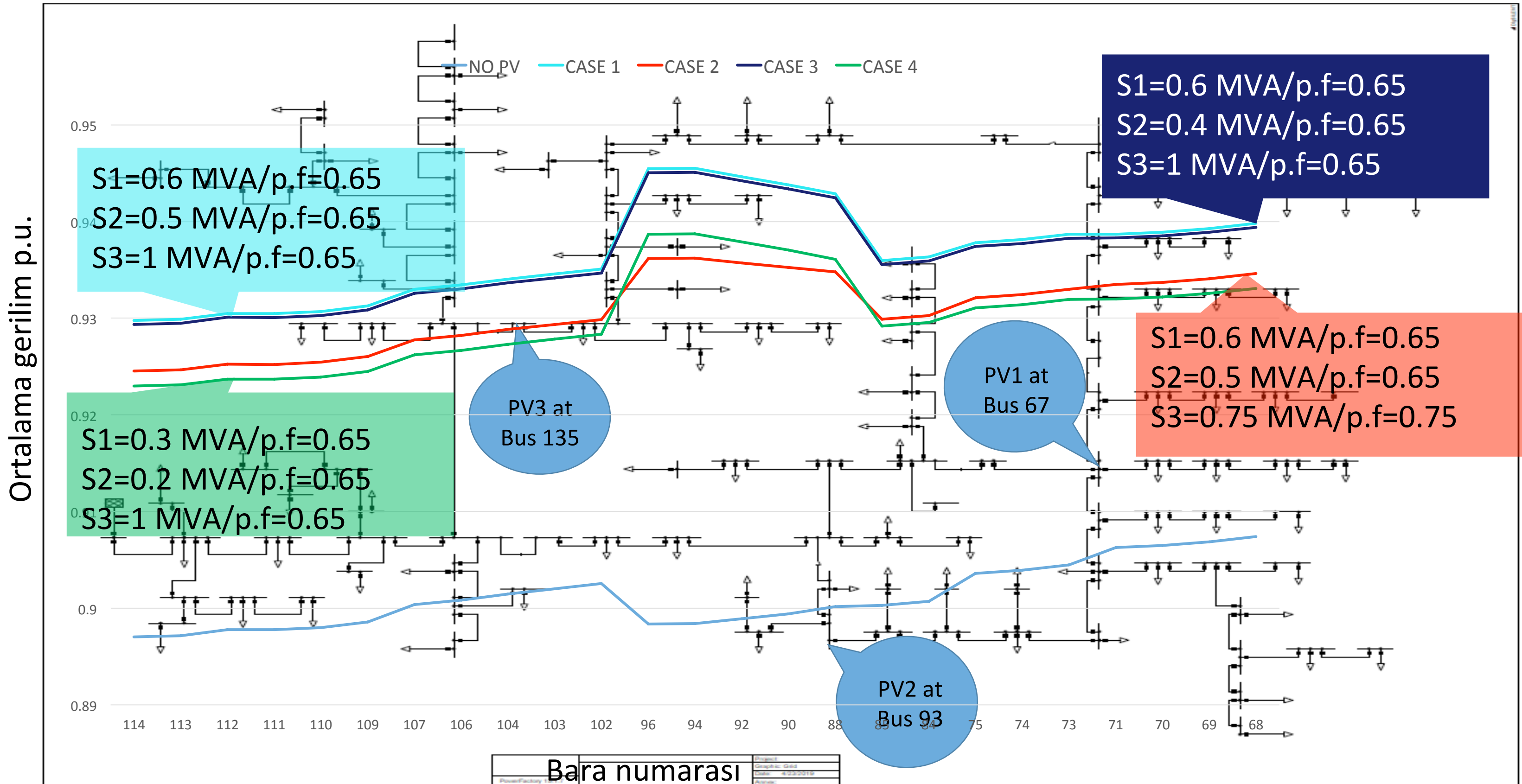
93. Baraya güneş paneli yerleştirmeden önce kısa devre akımları

Arıza noktası	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	I_p (kA)
67	63.1	7.92	13.98
93	34.26	4.3	7.59
135	122.19	15.34	27.11
13	285.68	35.86	63.64
18	122.19	15.34	27.11
35	96.96	12.17	21.5
60	72.14	9.05	15.99
108	45.26	5.68	10.03

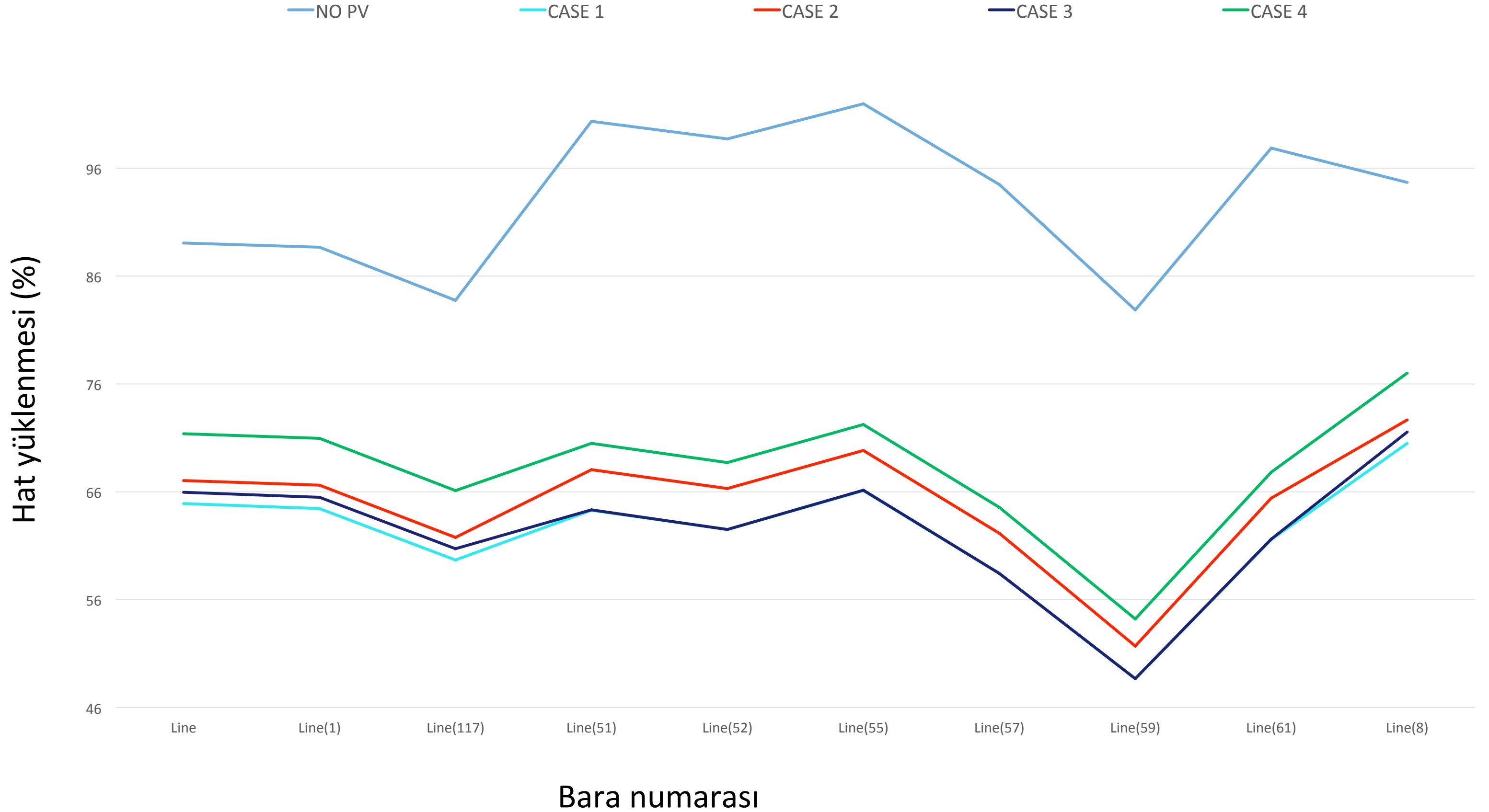
93. Baraya güneş paneli yerleştirdikten sonra kısa devre akımları

Arıza noktası	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	I_p (kA)
67	72.43	9.09	16.95
93	44.82	5.62	11.18
135	123.71	15.53	27.57
13	294.12	36.91	66.19
18	123.71	15.53	27.57
35	97.92	12.29	21.79
60	81.32	10.21	18.88
108	49.88	6.26	11.47

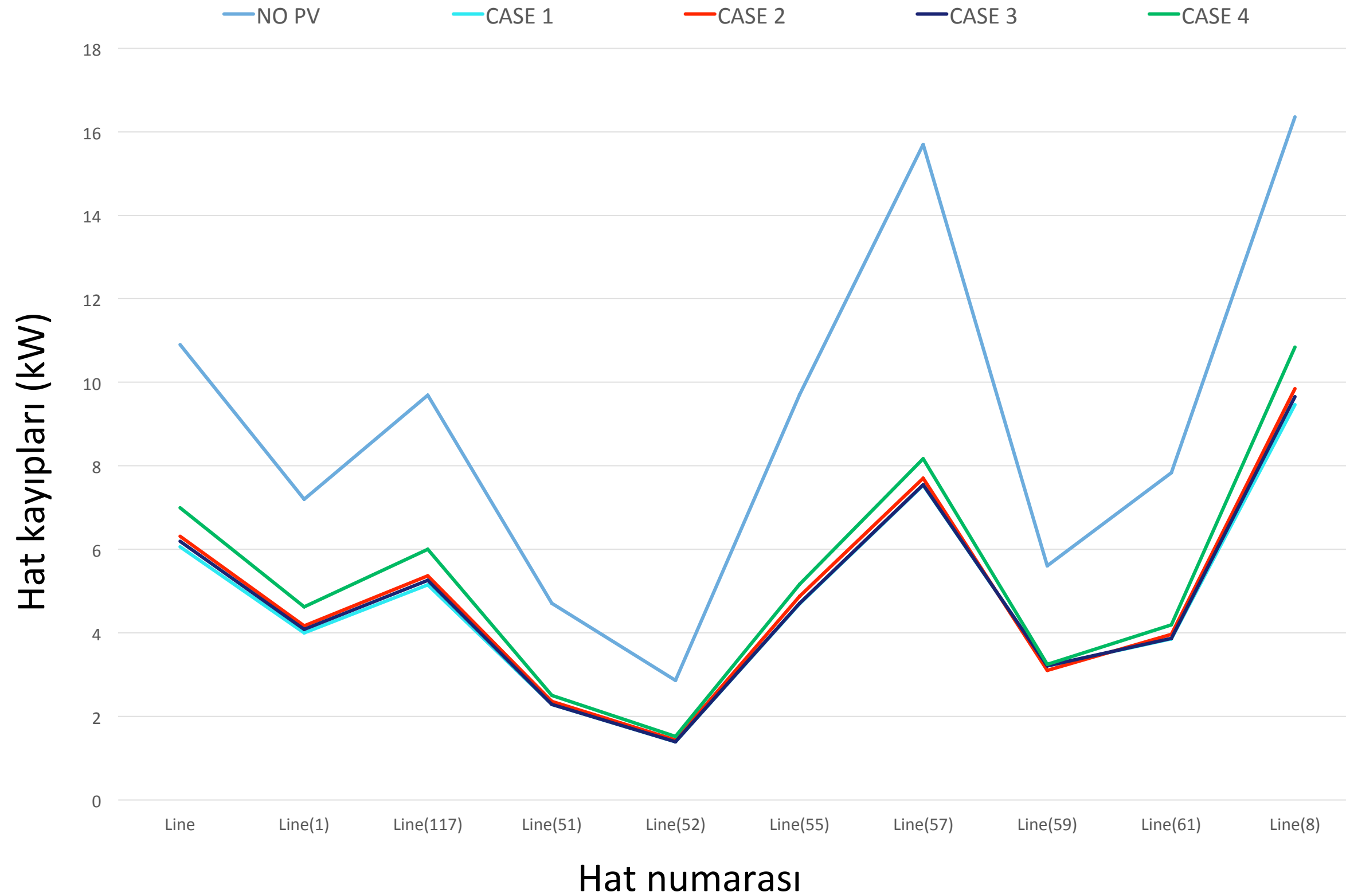
RASTGELE 3 BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANMASI



RASTGELE 3 BAĞLANTI İÇİN AŞIRI YÜKLENEN HATLAR



3 BARADA BAĞLANTI İÇİN HAT KAYIPLARI



KISA DEVRE AKIMLARI- 3BARAYA BAĞLANTI

Güneş paneli yerleştirmeden önce kısa devre akımları

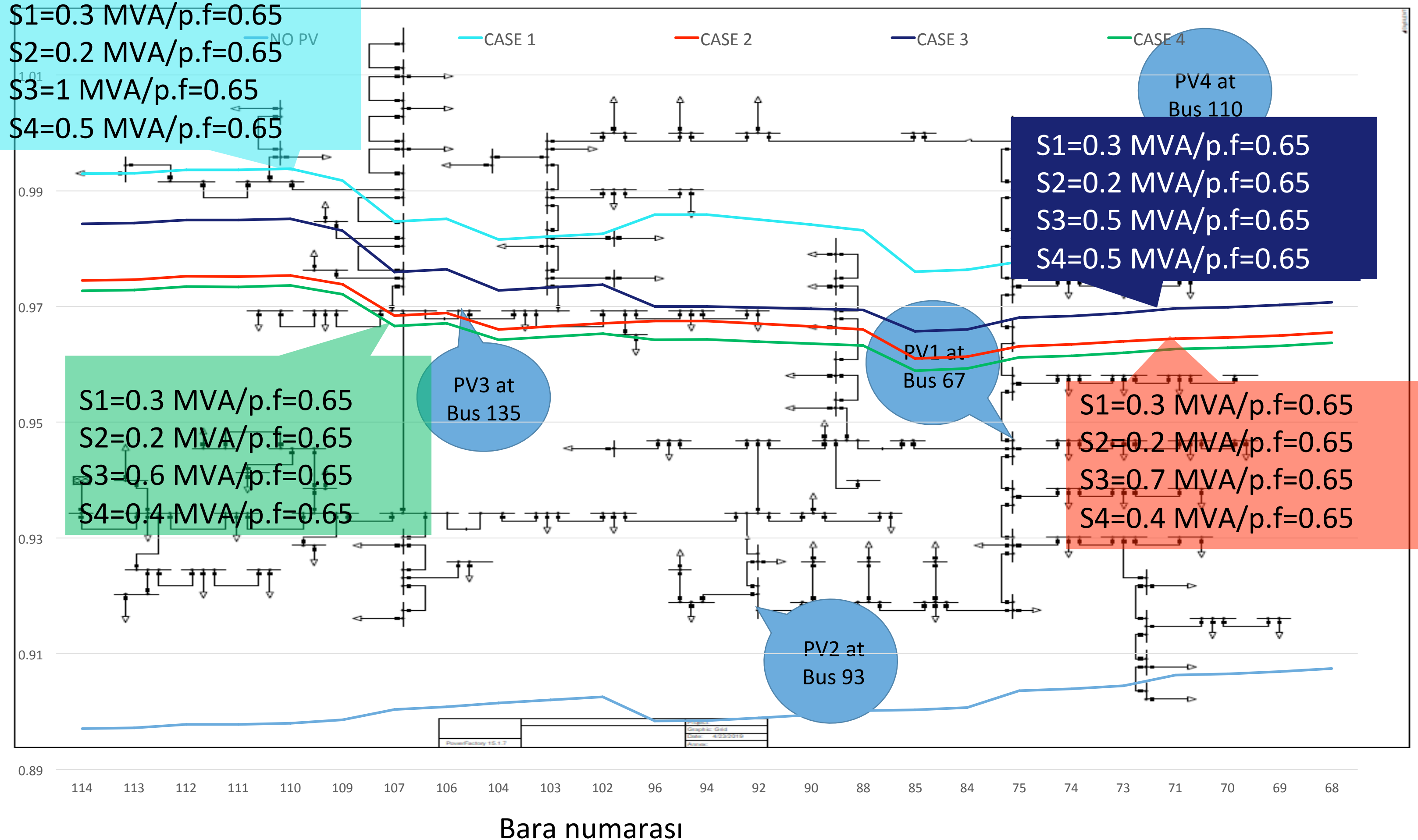
Arıza noktası	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	I_p (kA)
67	63.1	7.92	13.98
93	34.26	4.3	7.59
135	122.19	15.34	27.11
13	285.68	35.86	63.64
18	122.19	15.34	27.11
35	96.96	12.17	21.5
60	72.14	9.05	15.99
108	45.26	5.68	10.03

3 baraya güneş paneli yerleştirdikten sonra kısa devre akımları

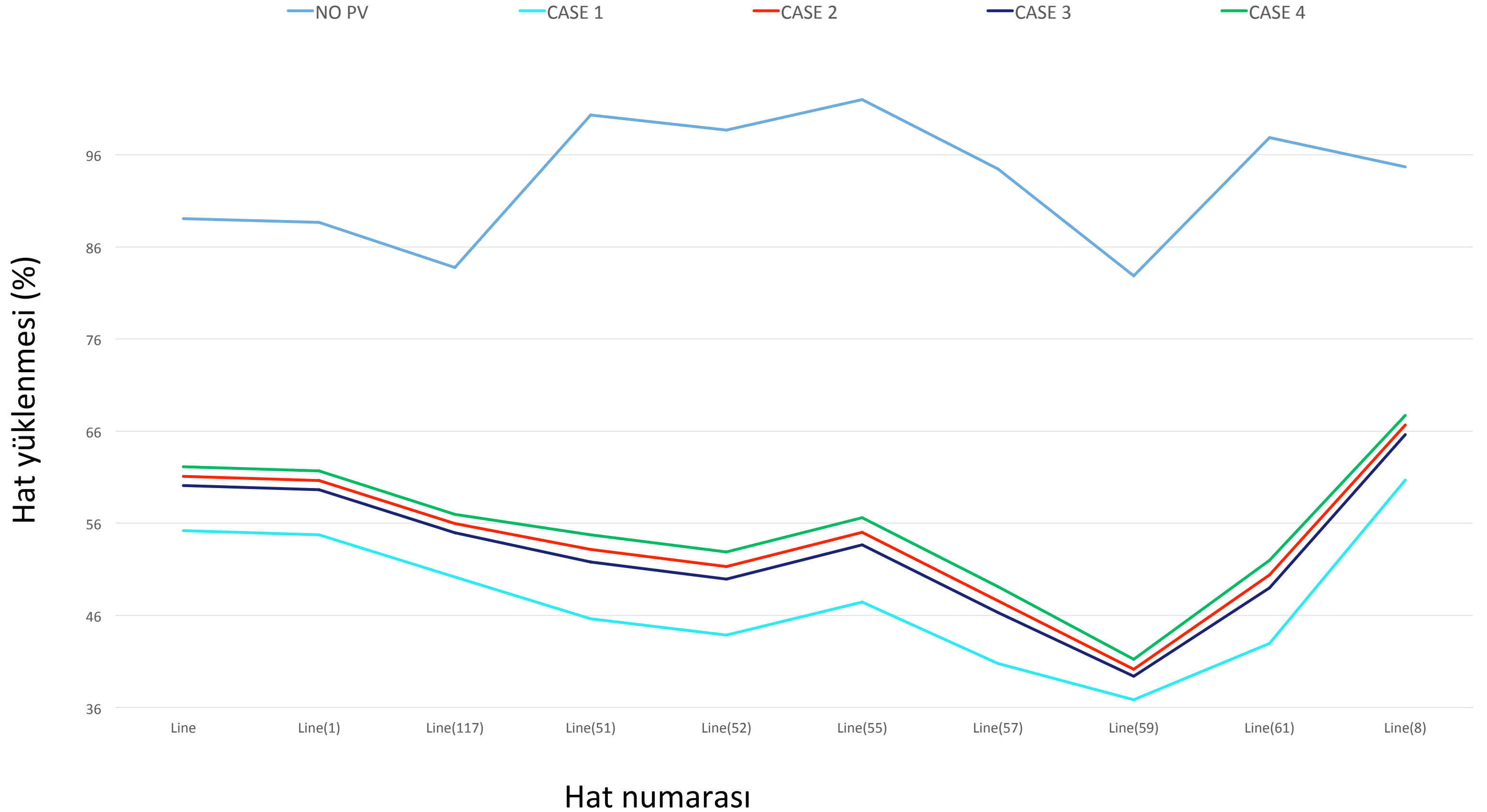
Arıza noktası	S_k'' (MVA)	I_k'' (kA)	I_p (kA)
67	83.55	10.49	20.67
93	47.91	6.01	12.14
135	135.53	17.01	31.5
13	311.97	39.16	71.79
18	135.53	17.01	31.5
35	105.2	13.2	24.18
60	92.03	11.55	22.38
108	54.95	6.9	13.07

RASTGELE 4 BARAYA GÜNEŞ PANELİ BAĞLANMASI

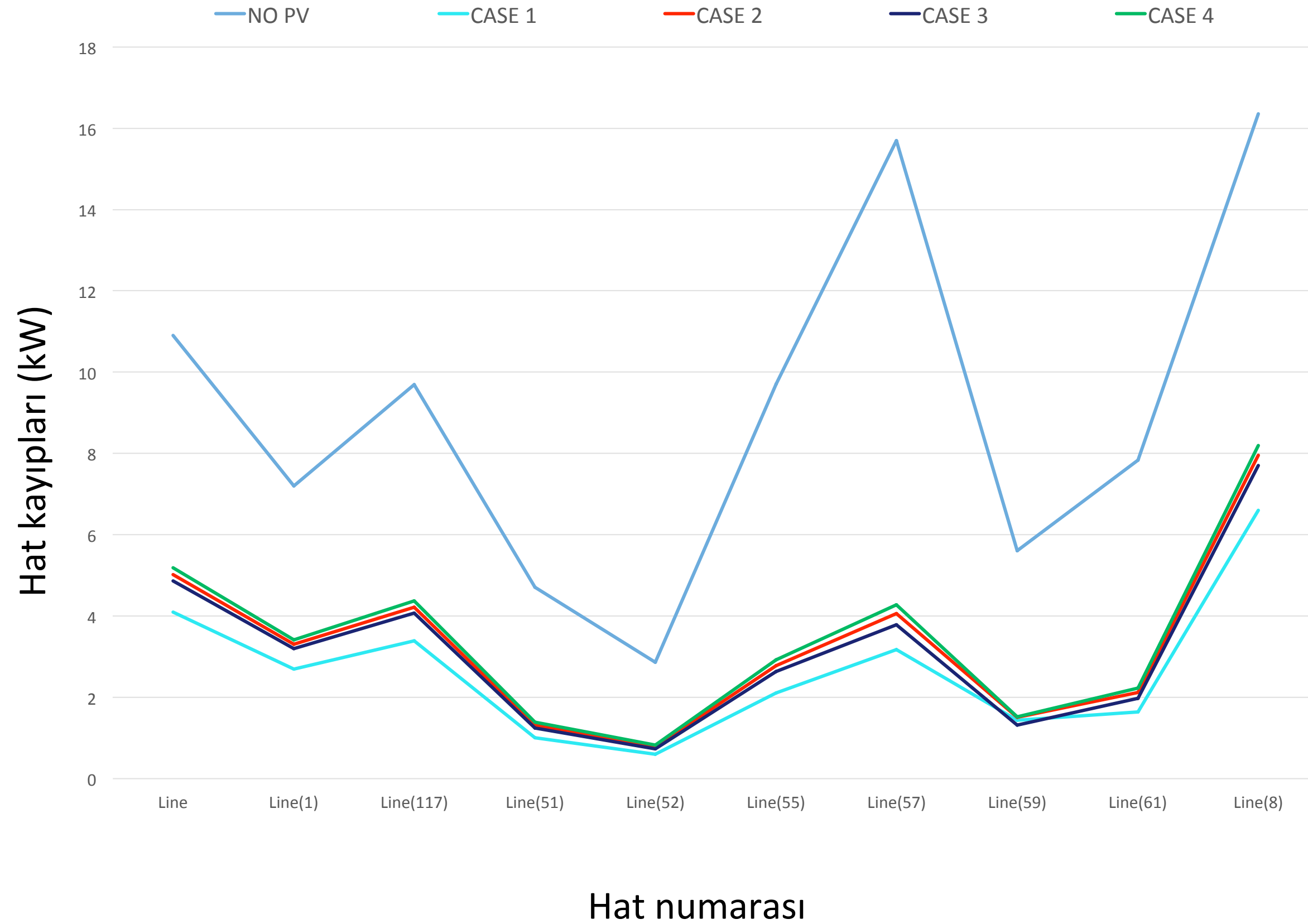
$S1=0.3 \text{ MVA/p.f}=0.65$
 $S2=0.2 \text{ MVA/p.f}=0.65$
 $S3=1 \text{ MVA/p.f}=0.65$
 $S4=0.5 \text{ MVA/p.f}=0.65$



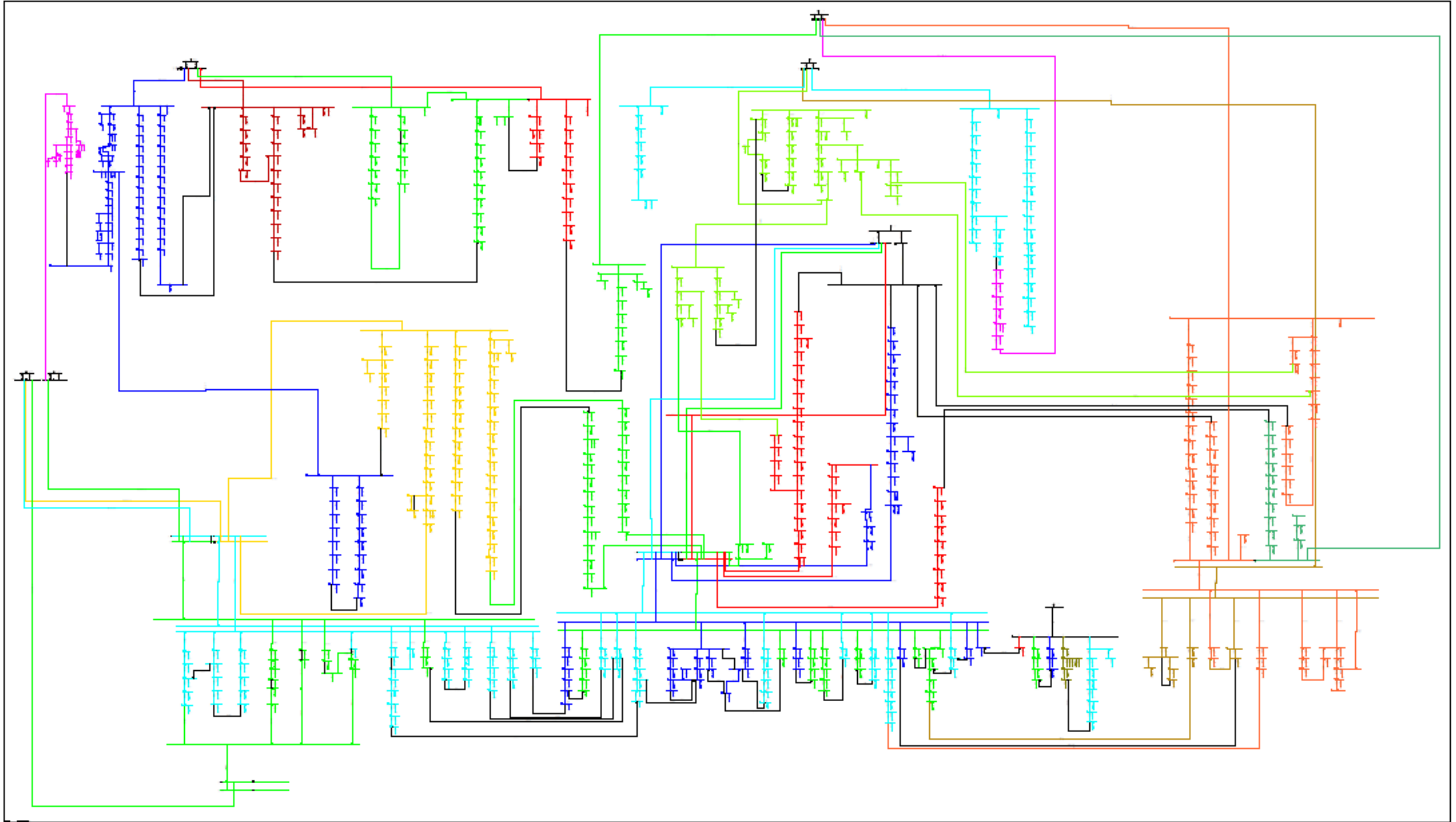
4 BARAYA BAĞLANTI DURUMUNDA AŞIRI YÜKLENEN HATLAR



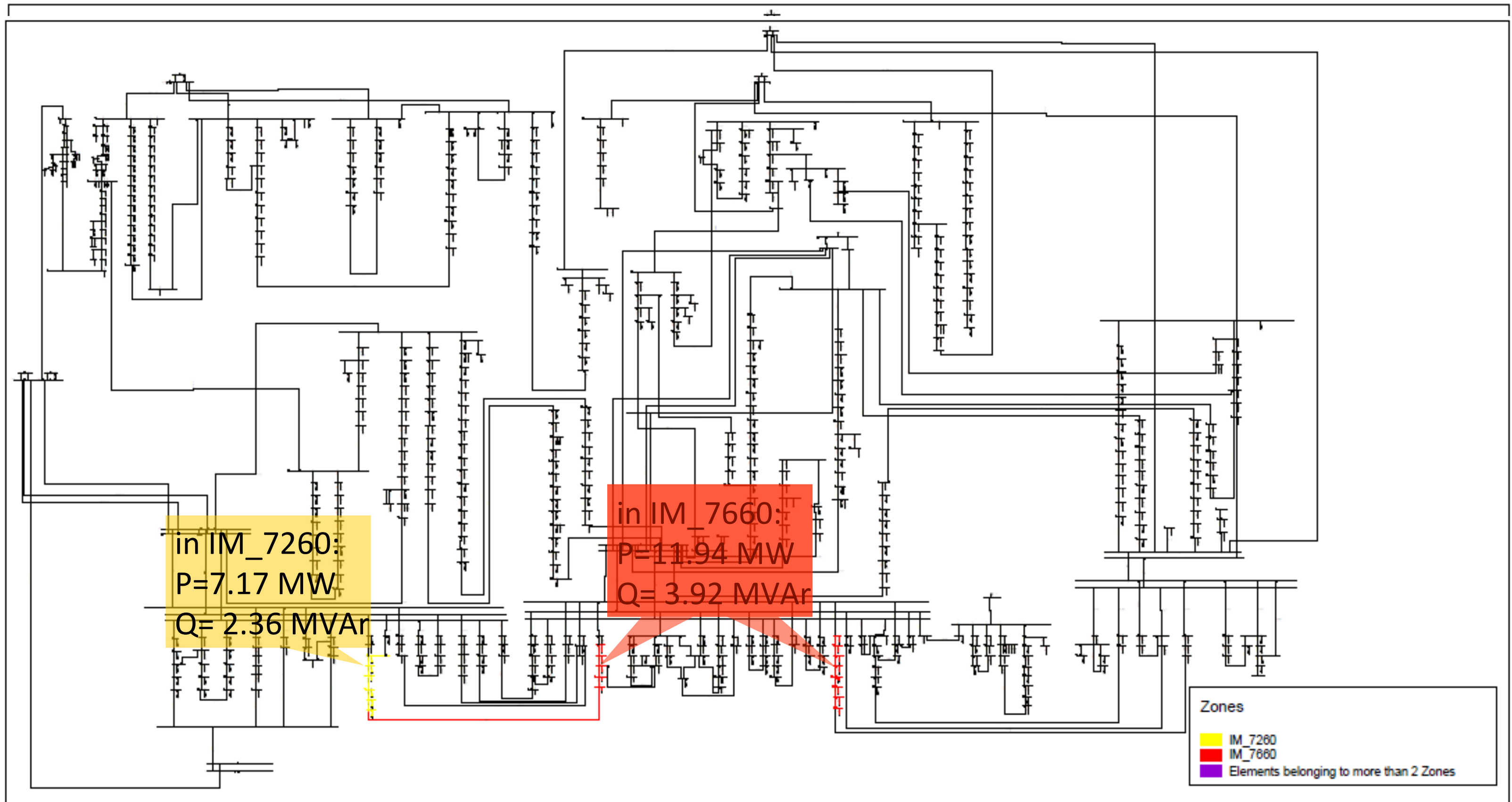
4 BARAYA BAĞLANTI DURUMUNDA HAT KAYIPLARI



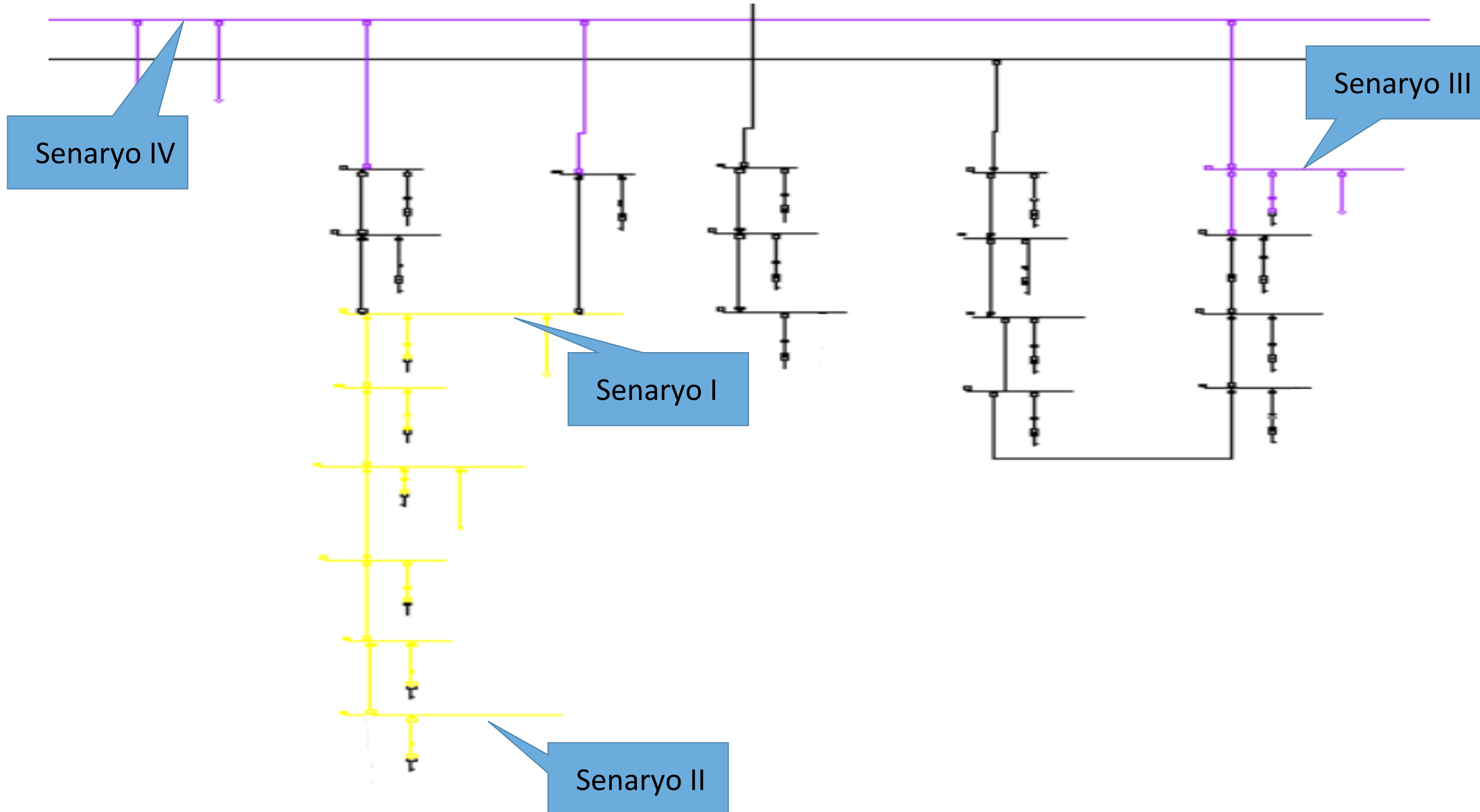
TÜRKİYEDE BİR GERÇEK DAĞITIM ŞEBEKESİ



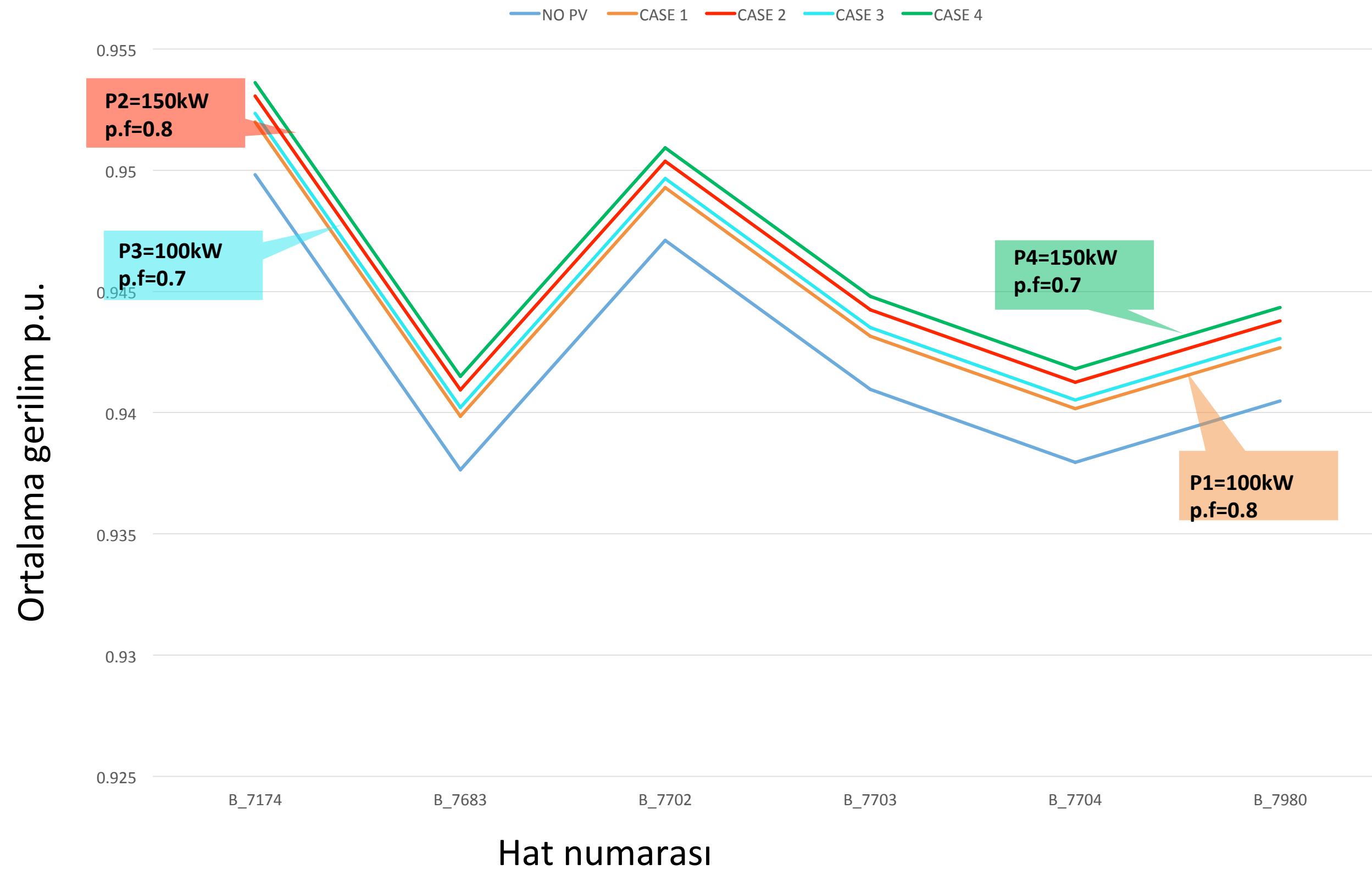
TÜRKİYEDE BİR GERÇEK DAĞITIM ŞEBEKESİ



IM_7260 ÜZERİNDE ANALİZLER



IM_7260: SENARYO I



SENARYO I İÇİN KISA DEVRE AKIMLARI

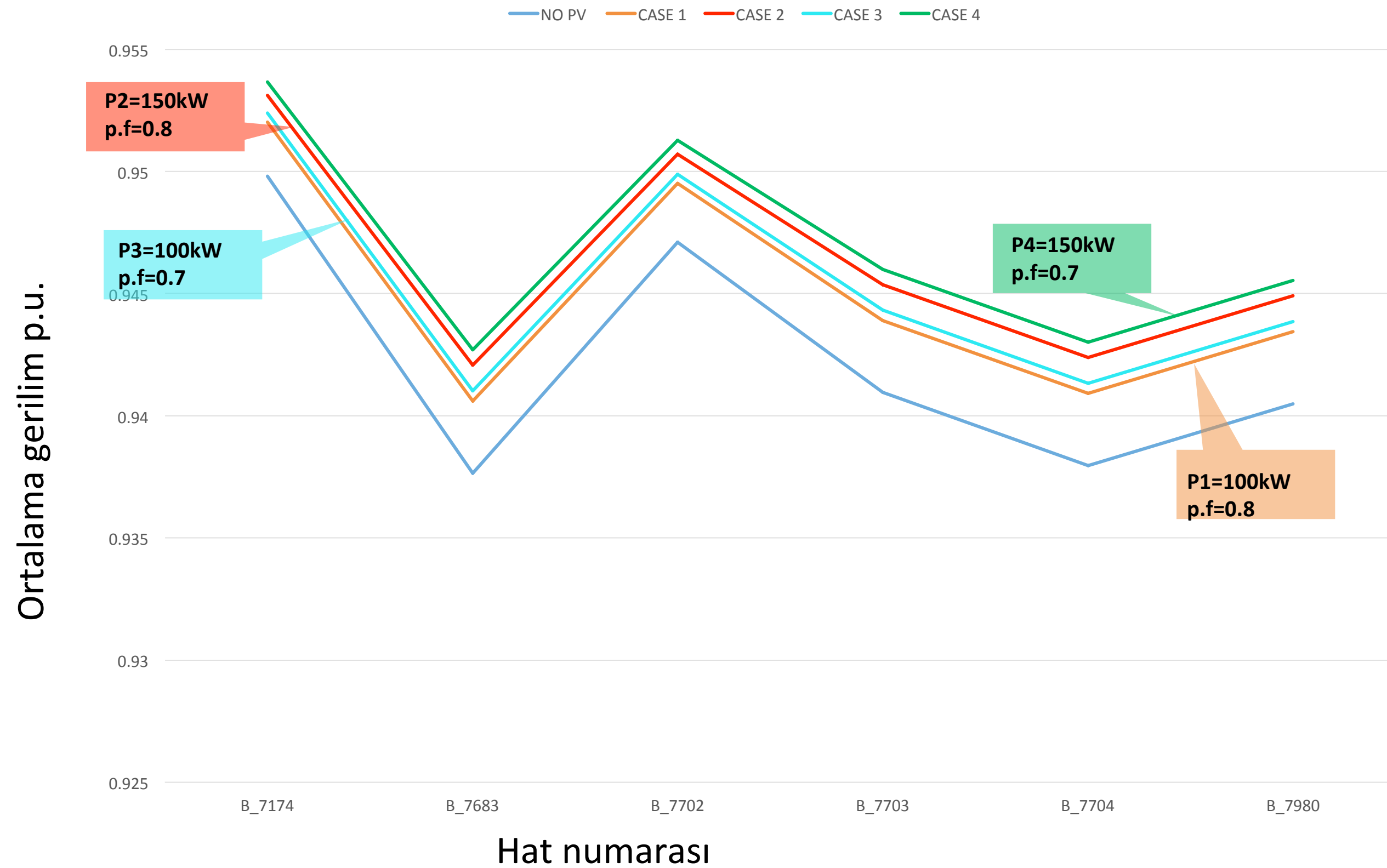
PV yerleştirmeden önce kısa devre akımları

ARIZA NOKTASI	Sk'' (MVA)	Ik'' (kA)	I_p (kA)
B_7174	68.79	3.78	5.92
B_7703	52.43	2.88	4.31
LV side of IM_7260	138.85	7.63	18.61
HV side of IM_7260	505.17	8.45	16.98
B_7785	104.54	5.75	11.38
B_7965	84.86	4.67	8.1

Senaryo I için kısa devre akımları (IM_7260)

ARIZA NOKTASI	Sk'' (MVA)	Ik'' (kA)	I_p (kA)
B_7174	70.17	3.8600	6.16
B_7703	53.31	2.93	4.41
LV side of IM_7260	140.51	7.73	18.84
HV side of IM_7260	574.41	9.61	19.21
B_7785	119.5	6.57	12.95
B_7965	96.61	5.31	9.19

IM_7260: SENARYO II



SENARYO II KISA DEVRE AKIMLARI

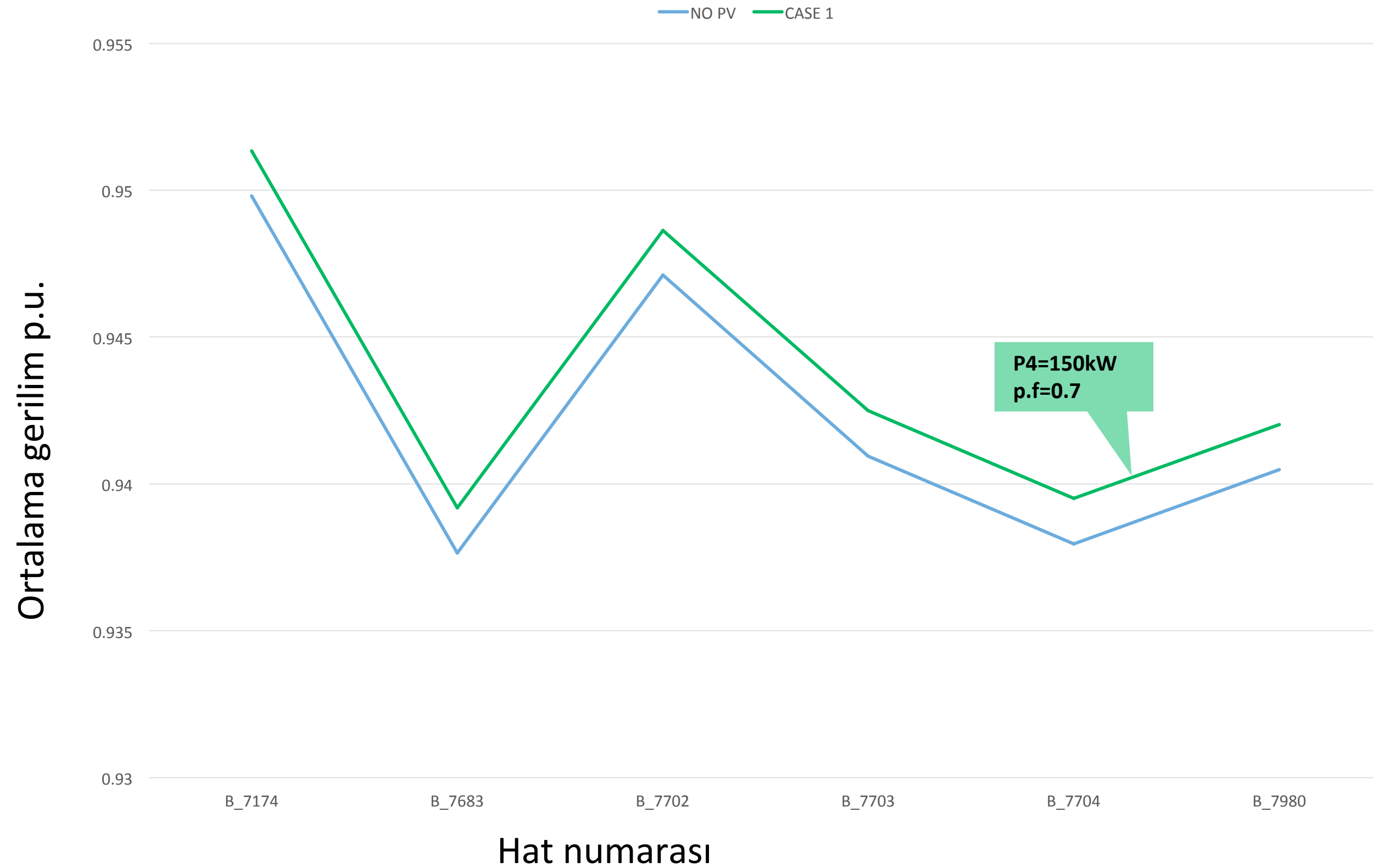
Güneş paneli yokken kısa devre akımları

Arıza noktası	Sk'' (MVA)	Ik'' (kA)	Ip (kA)
B_7174	68.79	3.78	5.92
B_7703	52.43	2.88	4.31
LV side of IM_7260	138.85	7.63	18.61
HV side of IM_7260	505.17	8.45	16.98
B_7785	104.54	5.75	11.38
B_7965	84.86	4.67	8.1

Senaryo II için kısa devre akımları (IM_7260)

Arıza noktası	Sk'' (MVA)	Ik'' (kA)	Ip (kA)
B_7174	70.17	3.86	6.16
B_7703	53.66	2.95	4.55
LV side of IM_7260	140.51	7.73	18.84
HV side of IM_7260	574.41	9.61	19.2
B_7785	119.49	6.57	12.94
B_7965	96.61	5.31	9.19

IM_7260: SENARYO III



SENARYO III KISA DEVRE AKIMLARI

Short circuit calculation before installing PV

Faulted point	SK'' (MVA)	Ik'' (kA)	Ip (kA)
B_7174	68.79	3.78	5.92
B_7703	52.43	2.88	4.31
LV side of IM_7260	138.85	7.63	18.61
HV side of IM_7260	505.17	8.45	16.98
B_7785	104.54	5.75	11.38
B_7965	84.86	4.67	8.1

Short circuit current of scenario III in IM_7260

Faulted Node	Sk'' (MVA)	Ik'' (kA)	Ip (kA)
B_7174	69.14	3.8	5.95
B_7703	52.61	2.89	4.32
LV side of IM_7260	140.52	7.73	18.84
HV side of IM_7260	574.42	9.61	19.21
B_7785	119.94	6.59	13.07
B_7965	96.61	5.31	9.19

Kayıplar:

- Transformatör kayıpları
 - Demir kayıpları
 - Bakır kayıpları
- Hat kayıpları

Durum		Yüklenme (%)	Kayıplar (kW)
PV yok		38.0481	87.6471
Senaryo I	CASE 1	37.6497	85.8196
	CASE 2	37.4514	84.9170
	CASE 3	37.6164	85.6739
	CASE 4	37.4019	84.7018
Senaryo II	CASE 1	37.6426	85.7869
	CASE 2	37.4410	84.8697
	CASE 3	37.6089	85.6392
	CASE 4	37.3910	84.6519
Senaryo III	P=150kW,p.f=0.7	37.43036	84.83124

- STANDART IEEE ŞEBEKE:
 - Gerilim profilinde iyileşme
 - Aşırı hat yüklenmelerine çözüm
 - Hat kayıplarında azalma
 - Artan kısa devre akımları
- GERÇEK ŞEBEKE:
 - Gerilim profilinde iyileşme
 - Hat kayıplarında azalma
 - Artan kısa devre akımları