

II. MET-ÉSZ találkozó 2016. október 22.

Jégesőelhárítás a gyakorlatban

Molnár Károly

meteorológus

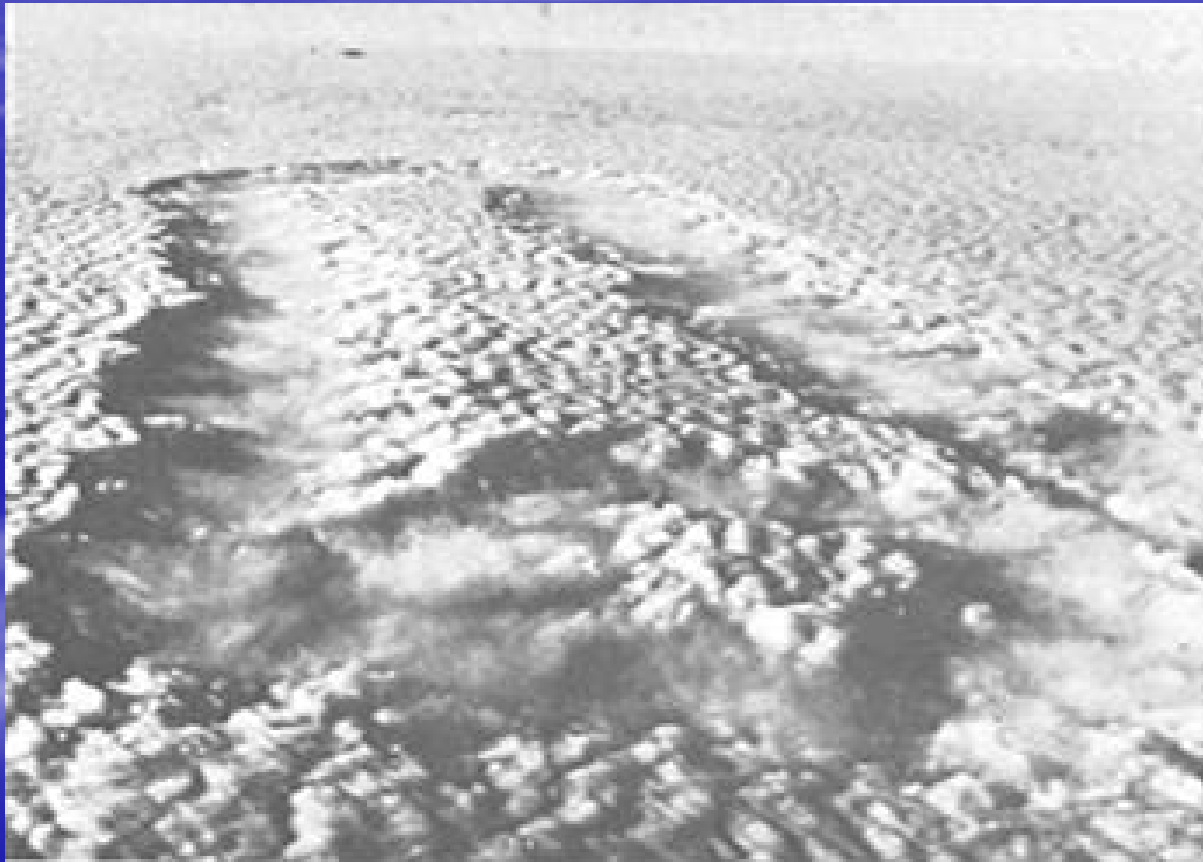
mail: molnarka.molnar@gmail.com

Az időjárás módosítás kezdete

- Vincent Joseph Schaefer (1906-1993) 1946. júl. 12-én 'véletlen' kísérlet
- W. Veraart 1930-ban időjárás-módisítási szándékkal szárazjeget juttatott felhőkbe, a kísérlet menetének leírását és eredményét csak holland nyelvű könyvében publikálta, ezért nem ismerték.



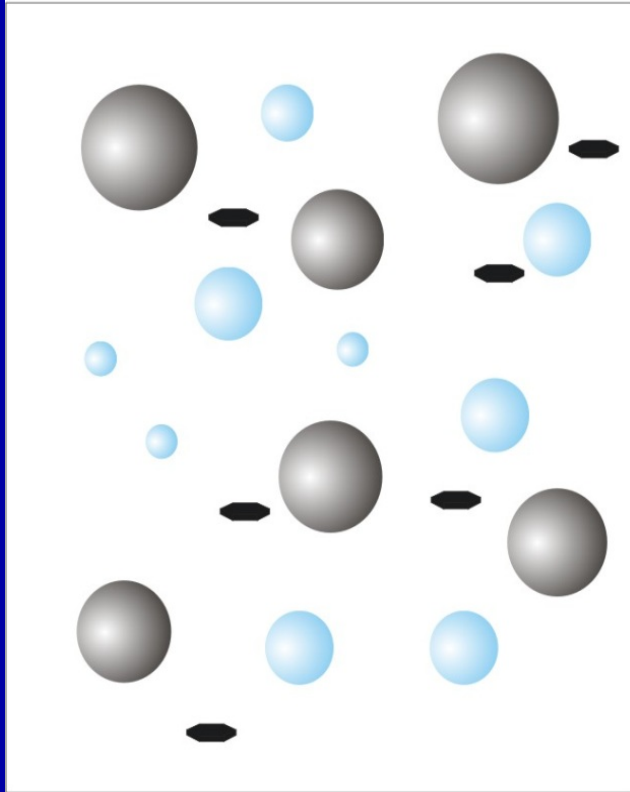
1946. november 13.



A zivatarfelhő

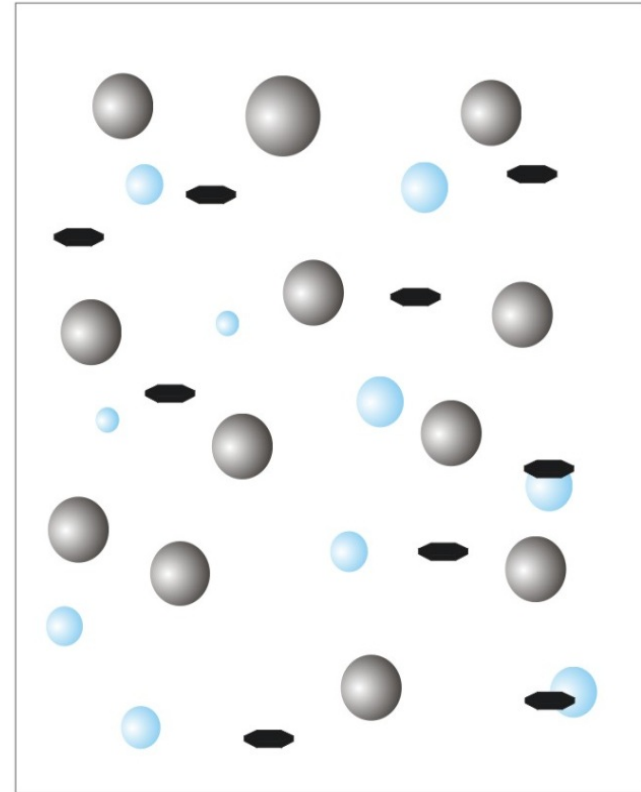


TERMÉSZETES

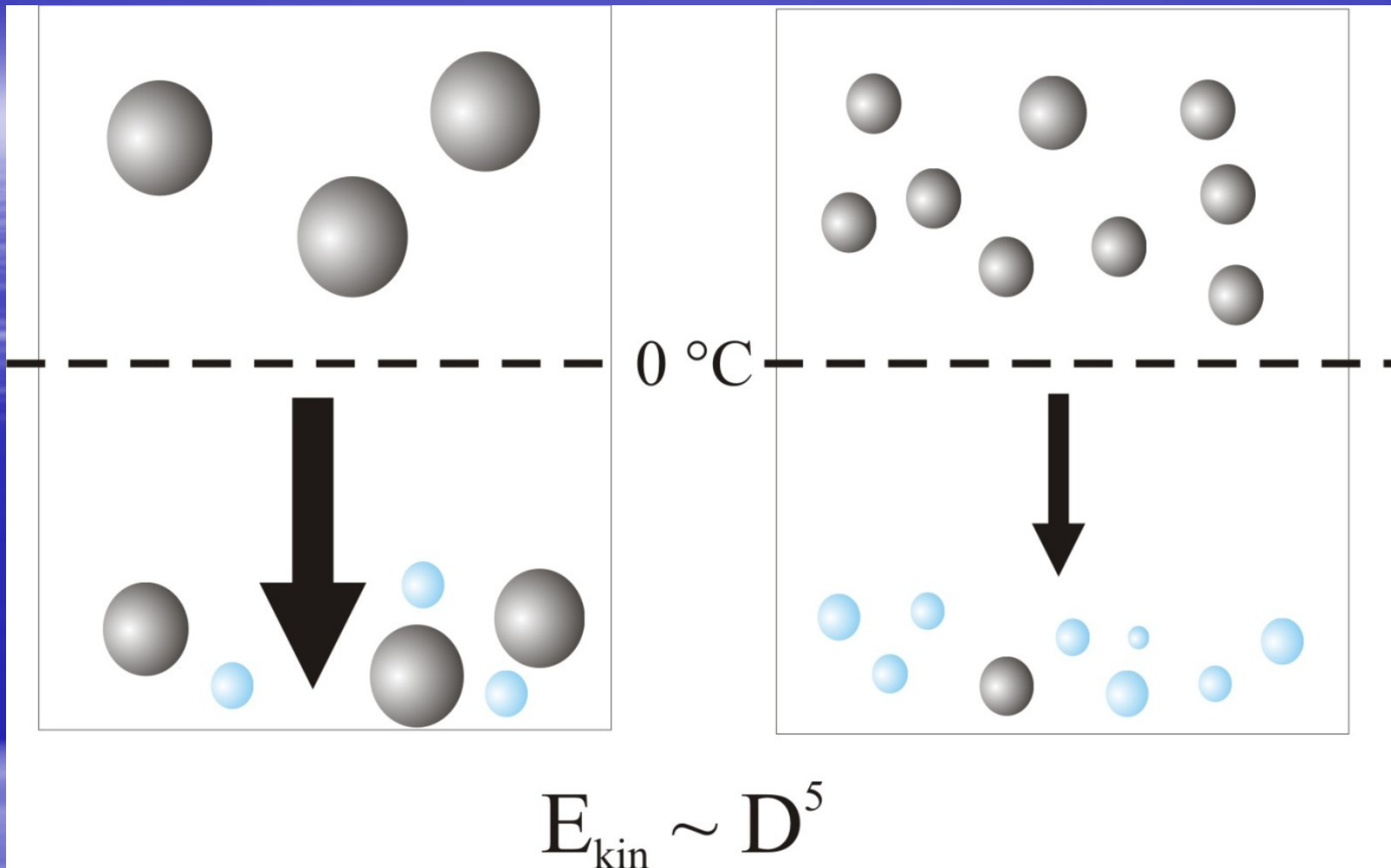


$$N_I \sim 20 - 30 \text{ l}^{-1}$$

MESTERSÉGES



$$N_I \sim 40 - 50 \text{ l}^{-1}$$



Feltéve, hogy az összesített jégtömeg állandó, a jég szemek átlagos méretének csökkentése csökkenti a felszínen okozott kárt.

Hail Stone Size (mm inches)	Density (kg/m ³ lb/ft ³)	Volume of a Sphere (4/3*π*R ³) (cm ³ in ³)	Mass (kg lb slugs)	Approximate Terminal Velocity 1.4*D ^{0.8} (m/s mph)	Kinetic Energy 1/2*Mass*Speed ² (Joules)
3 mm ~1/8 in	910 kg/m ³ 57 lb/ft ³	0.014 cm ³ 0.00086 in ³	0.013 g 0.00045 oz	3.4 m/s 7.5 mph	0.00007 J
6 mm ~1/4 in		0.11 cm ³ 0.0069 in ³	0.10 g 0.0036 oz	5.9 m/s 13 mph	0.0018 J
10 mm ~3/8 in		0.52 cm ³ 0.032 in ³	0.48 g 0.016 oz	8.8 m/s 20mph	0.019 J
12 mm ~ 1/2 in		0.90 cm ³ 0.055 in ³	0.82 g 0.029 oz	10.2 m/s 23 mph	0.043 J
25 mm ~ 1 in		8.12 cm ³ 0.50 in ³	7.4 g 0.26 oz	18.4 m/s 41mph	1.26 J
50 mm ~ 2 in		65 cm ³ 4.00 in ³	60 g 2.1 oz	32 m/s 72 mph	30.5 J
75 mm ~ 3 in		220 cm ³ 13.5 in ³	201 g 7.1 oz	46 m/s 104 mph	265 J
100 mm ~ 4 in		524 cm ³ 32.0 in ³	476 g 16.8 oz	56 m/s 125mph	740 J

D

V

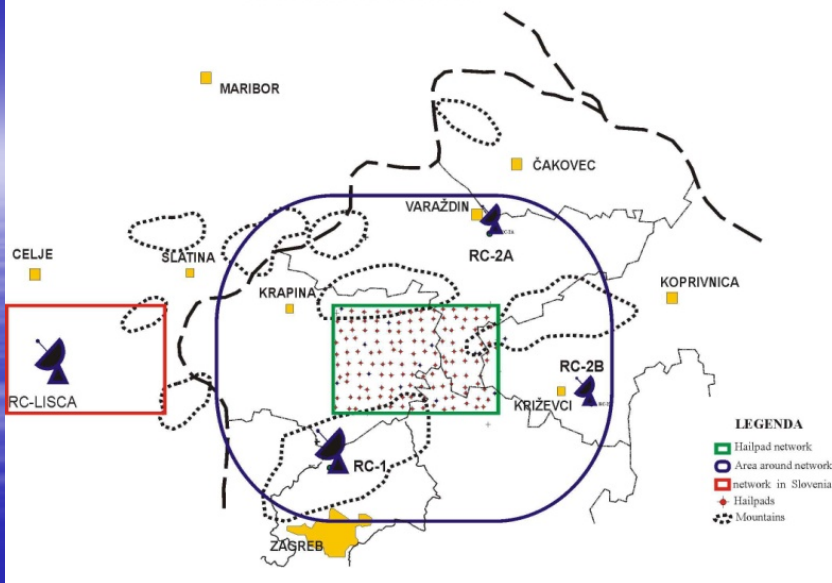
m

v

E

Jégszemek átmérője, térfogata, tömege, esési végsebessége és kinetikus energiája

HAILPAD NETWORK



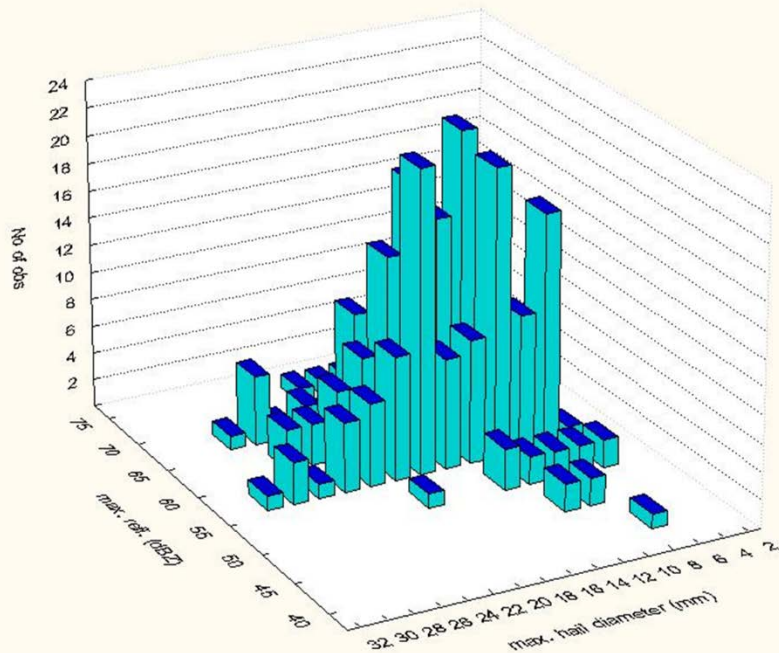
Jégesőindikátor hálózat Horvátországban



Indikátor és állványa

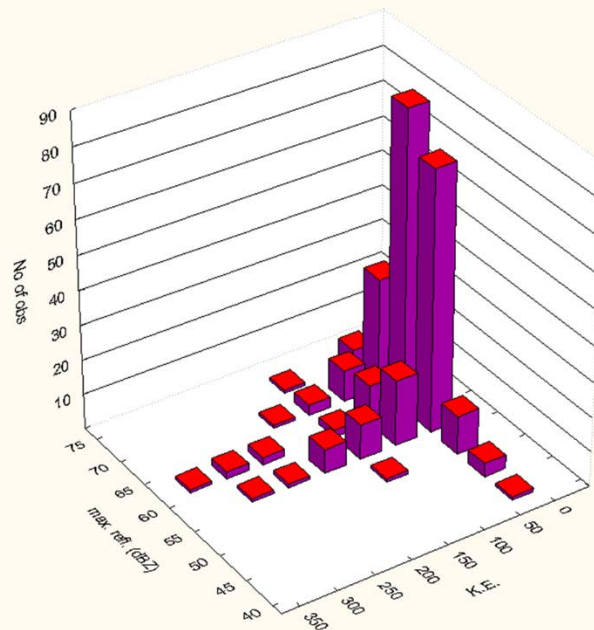
Jégszemek nyoma az indikátoron



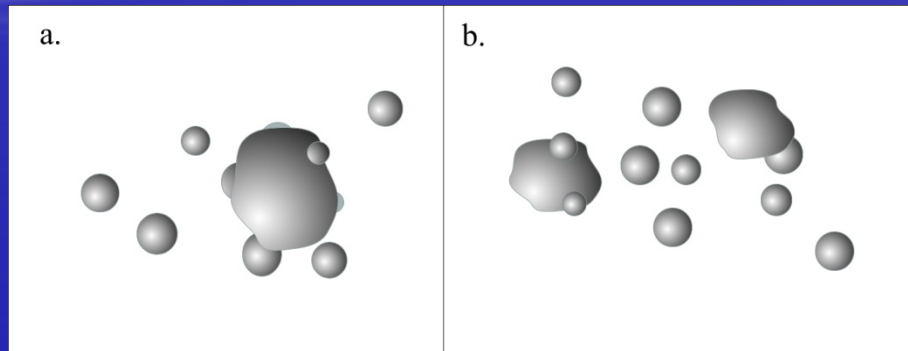


A maximális jégszem átmérő és a Cb max radar reflektivitásának a kapcsolata Horvátországban

A jégszemek összkinetikus energiája és a Cb max. radar reflektivitásának a kapcsolata Horvátországban



A jégeső-elhárítás elvi sémája



Mesterségesen növeljük a jégképző magok számát
AgJ kristályokkal.

Alkalmazott módszerek

AgJ gyártás helye	A felhőbe juttatás módja
Repülőgépen elhelyezett égető	A felhőalagnál a feláramlási zónába (0 fokos szint alatt)
Rakétában lévő pirotechnikai elegy	Közvetlenül a túlhűlt cseppek zónájába (-5, -15 fok)
Földfelszínen elhelyezett égető	Az alsó 1-2 km-es rétegből a zivatarfelhő szívja be

Rakétás

A rakétás jégeső-elhárítás drága.

1. Sok ember, szigorú biztonsági előírások.
2. Drága a rakéta.
3. A légtért zárni kell.
4. Megfelelő időben, megfelelő mennyiségű reagenst nehéz bejuttatni.

Repülőgépes

Kisebb területekre (2000-8000 km²) alkalmasabb a repülőgépes jégeső-elhárítás.

1. Kb. 20 euro/ha
2. A célterület a 'széle' hatások ellen is védhető.
3. Kevés embert kell alkalmazni.
4. Egyszerre kellene 'kezelnit' több cellát is.

Repülőgépes



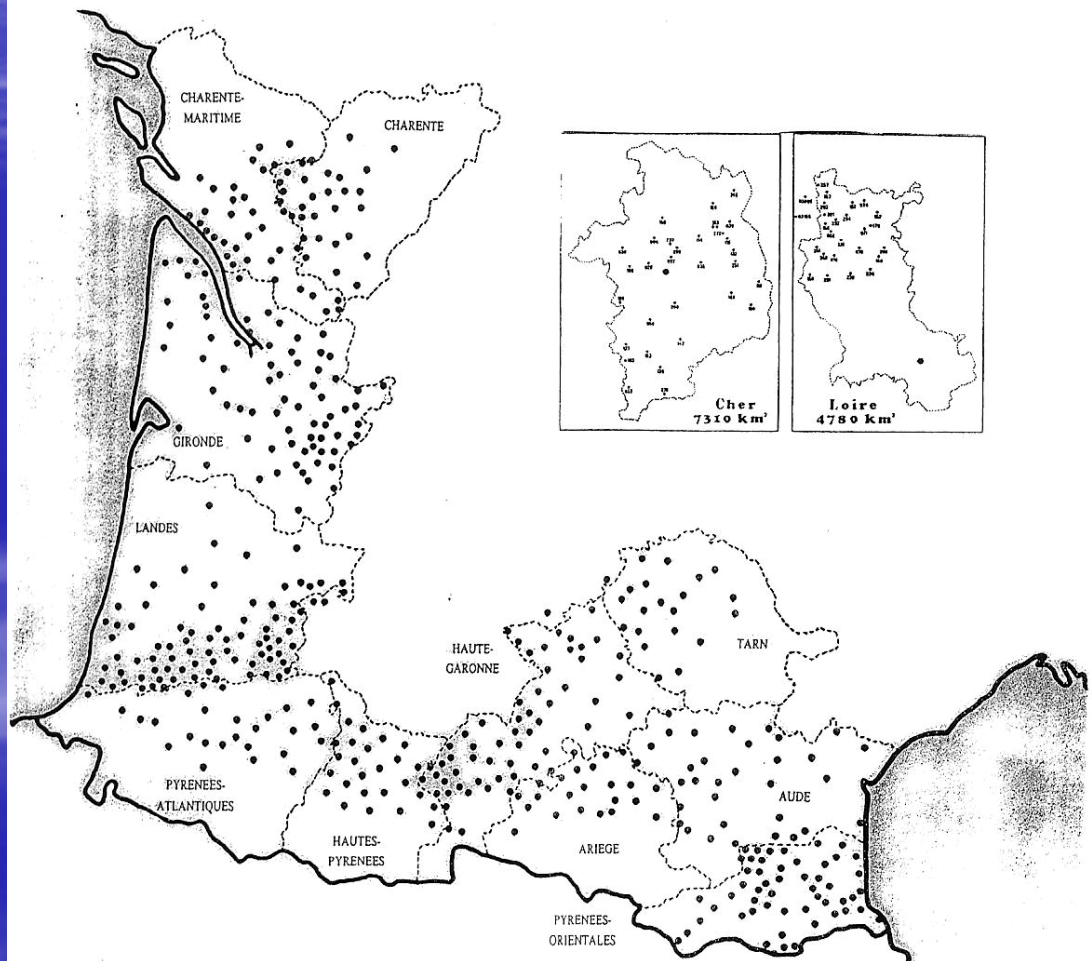
Talajgenerátoros

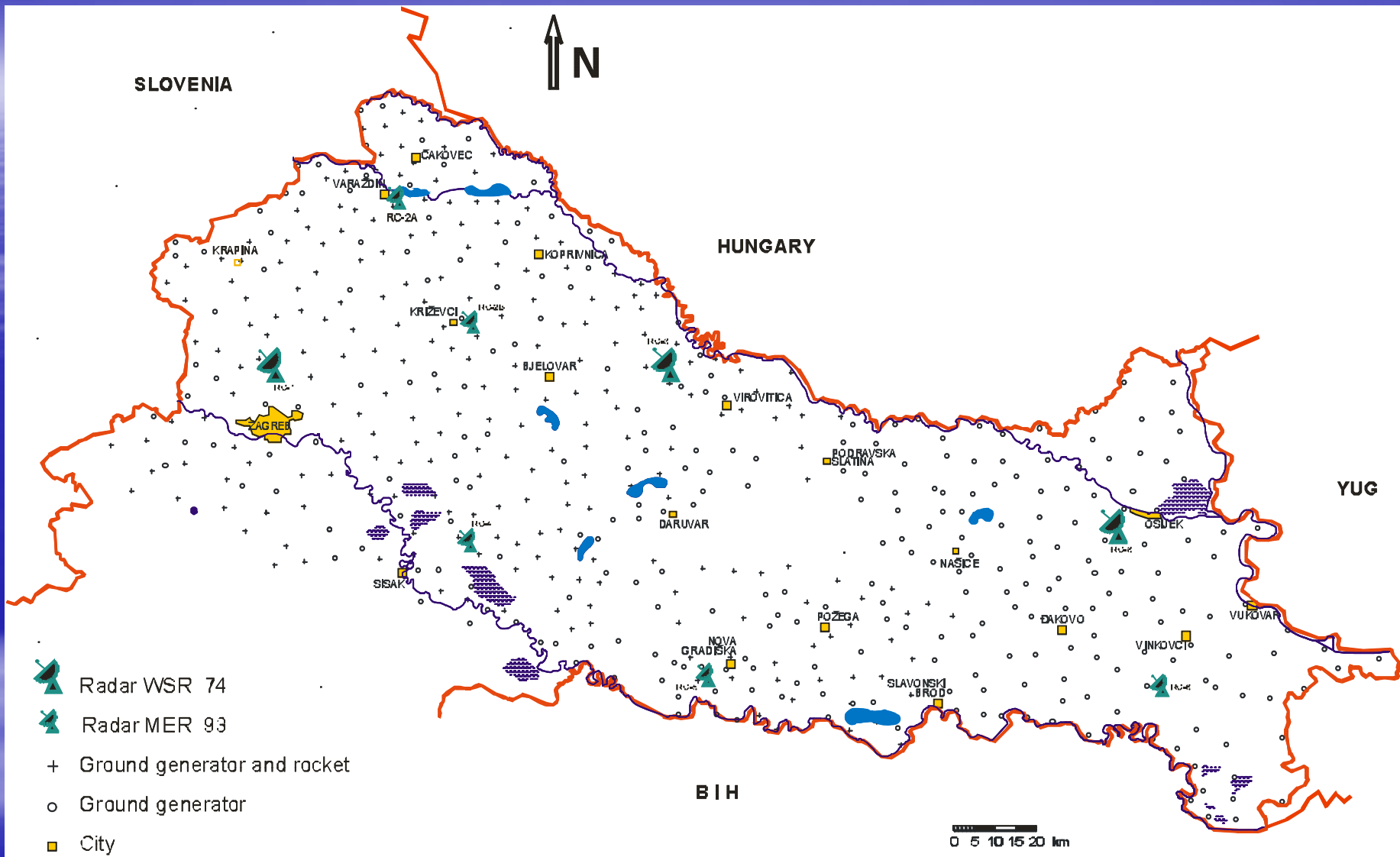
Nagyobb területeken alkalmazható a talajgenerátoros eljárás.

1. Sok ember, de részidőben foglalkoztatható.
2. Relatív olcsó technológia: ~1 euro/ha
3. Korlátozott jégmag-bevitel, korlátozott hatékonyság.
4. Széle hatás.

1951-től

A Francia Jégesöelhardtás talajgenerátor hálózata



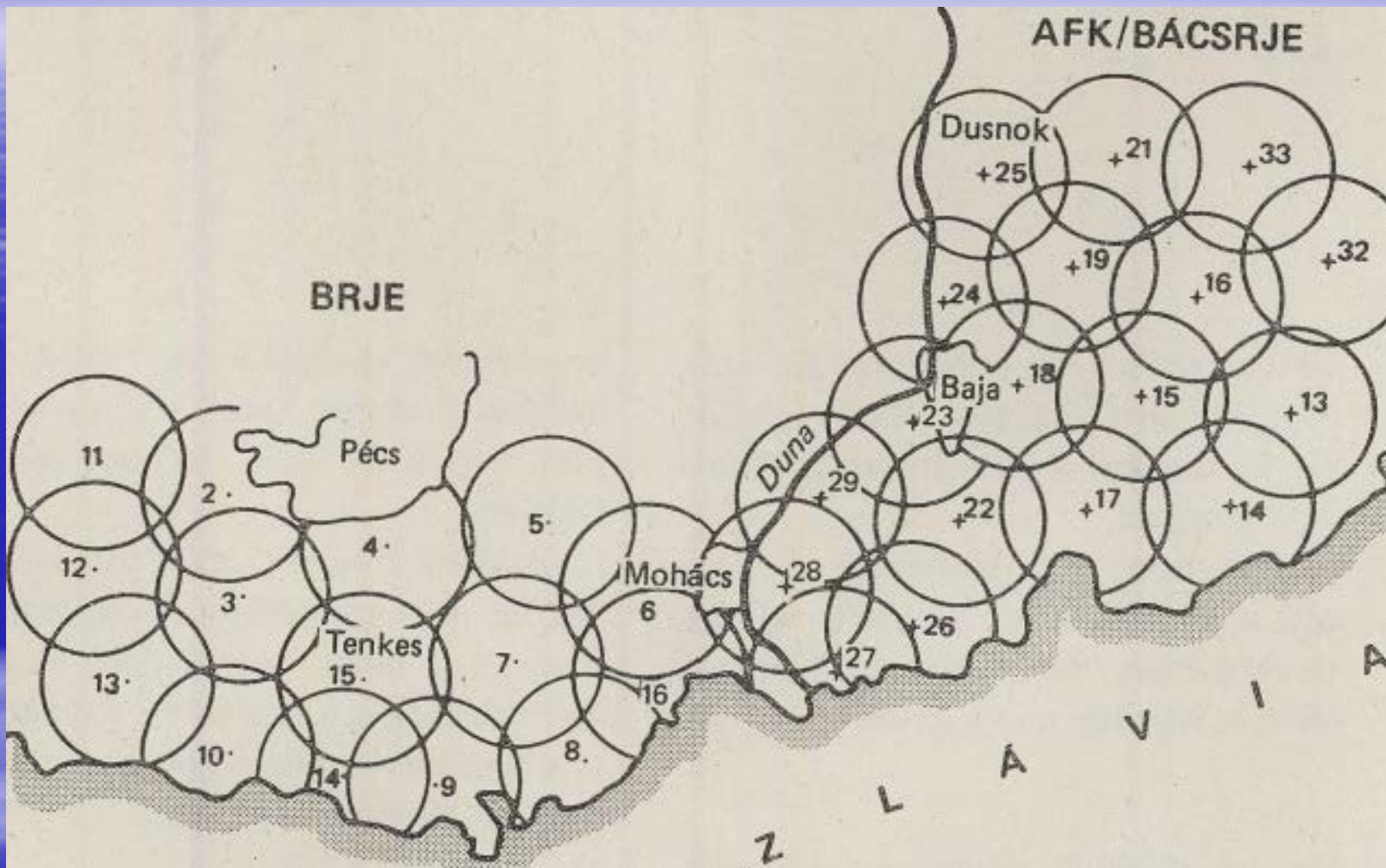


Horvát talajgenerátoros és rakétás vegyes jégesőelhárítási hálózat

A mezőgazdaságban előforduló károk Magyarországon

<i>Kártípus</i>	<i>Megoszlás %</i>	<i>J e l l e m z ő k</i>
Aszálykár	39,10	Regionálisan behatárolható, Alföld megyéiben de Dunántúl közepén is
Jég - viharkár	22,37	Bárhol előfordulhat, Dél-nyugat, Baranya, Zala, Vas, Heves megyékben jelentősebb
Vízkár	21,10	Folyók árterületén
Fagykár	14,96	Észak-Magyarországon, Szabolcs megye, de szőlő és gyümölcsültetvény bárhol
Egyéb elemi kár	2,57	Viharkár, homokverés kár
Összesen:	100,00	
Forrás:	FVM felmérések,	Magyar Biztosítók Szövetsége, biztosítási adatai

Rakétás jégesőelhárítás Magyarországon (alapító vezető: dr. Wirth Endre)



Kilövőállomások a Baranya megyei Rakétás Jégesőelhárító Egység (RJE) (1976-1990) és a Bács-Kiskun megyei RJE (1985-1989) kilövő hálózatai



paraméter/típus	OBLAKO
hossz (mm)	2070
átmérő (mm)	125
tömeg (kg)	34
maximális repülési magasság (m)	8500
maximális repülési távolság (m)	12700
hőmérsékleti tartomány (°C)	(-5)-(+40)
a rakéta típusa	reaktív hajtómű
az aktív töltet tömege (kg)	3,77
a reagens kibocsátásának ideje (sec)	30-50
a rakéta leereszkedésének sebessége ejtőernyővel (m/s)	6-8

Paraméterek/Rakétatípus	Alazany M	Alazany M-1SZT
Átmérő (mm)	82,5	
Hossz (mm)	1296-1332	838-850
Tömeg (kg)	9,64	6,54
Reagenstöltet (kg)	1,12	
Maximális repülési távolság (km)	9,7	5,1
Maximális emelkedési magasság (km)	7,9	4,3
Megengedett magassági szögek (5°-os lépésekkel) (fok)	55-85	65-85
Megengedett oldalszögek (2,5°-os lépésekkel) (fok)	0-360	
Az indító szerkezet feszültsége (V)	24± 4	

A BRJE-nél használt Oblako (nagyobb) és mindkét egységnél használt Alazany (kisebb) rakéták az OMSZ Múzeumában, valamint műszaki adataik.



Oblako rakéták az indítóálványban

Oblako rakéta kilövése





paraméter/típus	PGI-M
hossz (mm)	420
átmérő (mm)	82,5
tömeg (kg)	3,1
maximális repülési magasság (m)	4100
maximális hatótávolság (m)	5100
hőmérsékleti tartomány (°C)	(-5)-(+30)
a rakéta típusa	turboreaktív hajtómű
az aktív töltet tömege (kg)	0,225
a reagens égési ideje (sec)	max. 20

A BRJE-nél használt PGI-M rakéta az OMSZ Múzeumában és a rakéta technikai adatai.

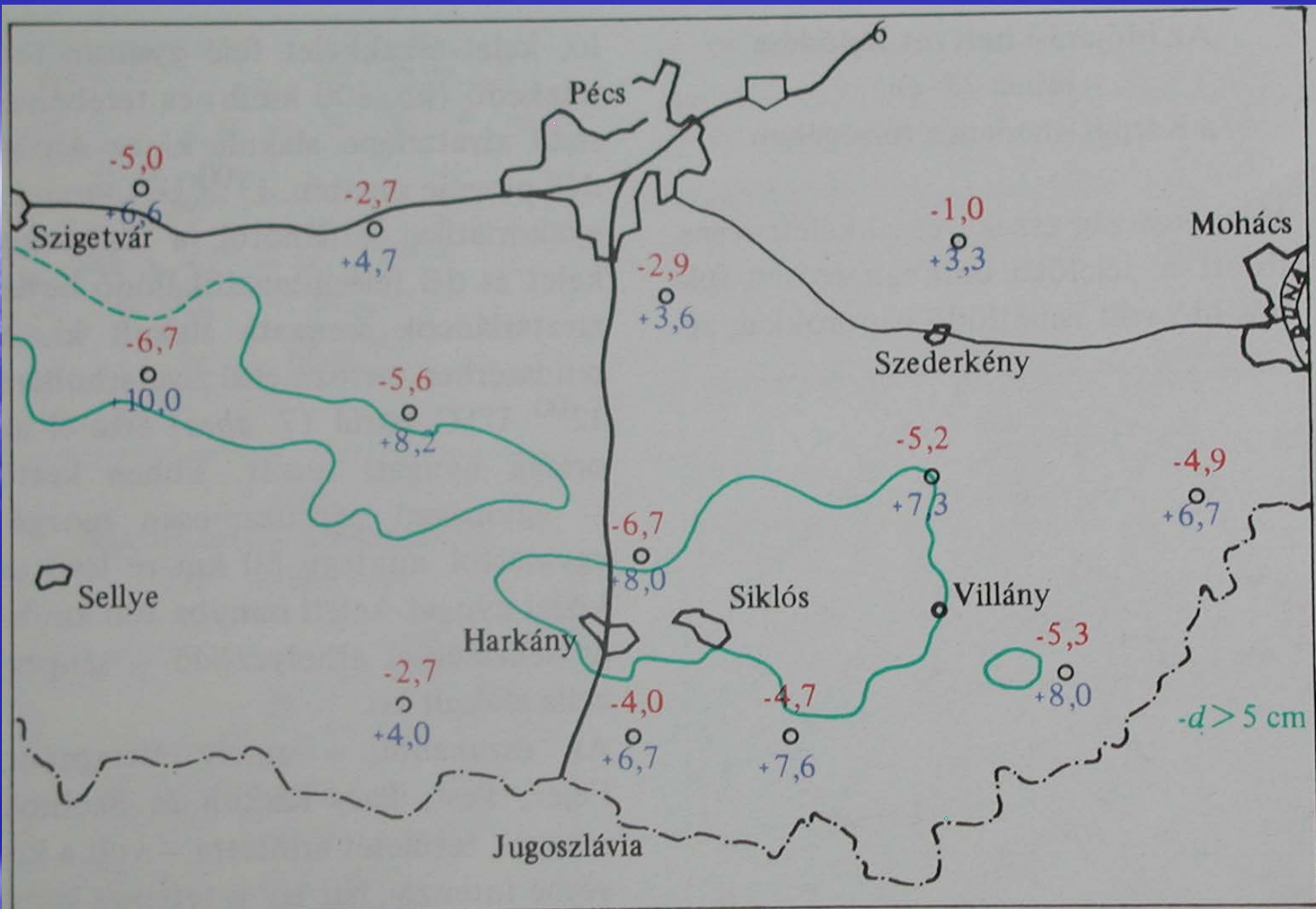
LÉGKÖR

XXXIII. évfolyam

1988. 1. szám



Az 1987. július 25-i szupercella vertikális metszete



8. ábra:

A kilövőállomásokon regisztrált nyomásváltozások hPa-ban 1987. 07. 25-én a BRJE kilövőállomásain telepített barográfok regisztrátumai alapján. A hirtelen $\mp \Delta P$ -k együttesen $30 \div 50'$ alatt zajlottak le

A zöld vonallal határolt területeken belül a sűrű (3-4 km-enként telepített) jégesőindikátoros hálózat mérései szerint a jégszemek maximális átmérője mindenhol meghaladta az 5 cm-t.



NEFELA Dél-magyarországi Jégesőelhárítási Egyesülés

- 1991-től (alapító vezető:
Fejes István)
 - 100 nagyüzem
 - 2 biztosító
 - OMSZ
- 2016-ban
 - 1,4 millió ha, 3 megye
 - 141 db generátor

NEFELA Egyesülés generátorhálózata



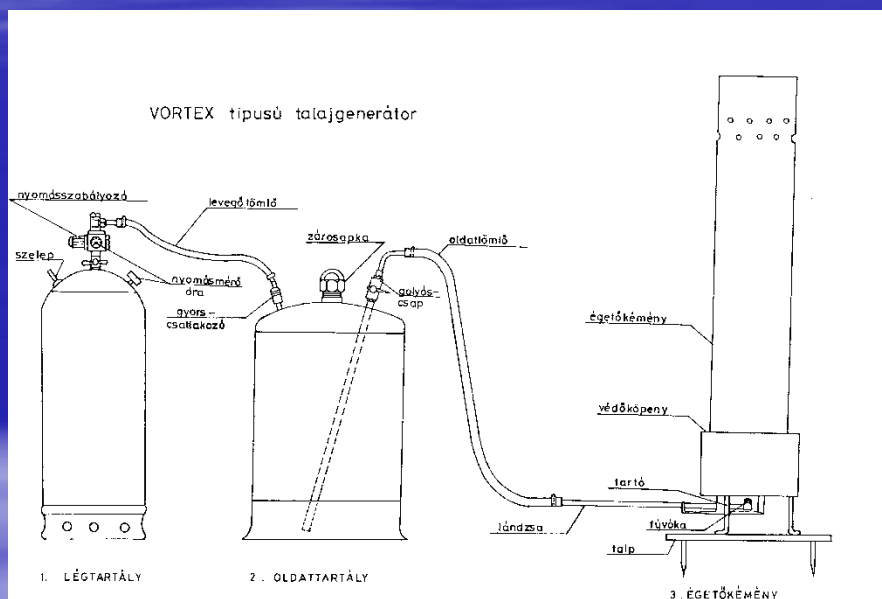
Vortex generátor a Hármas-hegyen



VORTEX típusú generátor

NEFELA Egyesülés

Hármas-hegy



Pécsudvardi telephely



Hármas-hegyi radartorony



Pécsudvardi telephely



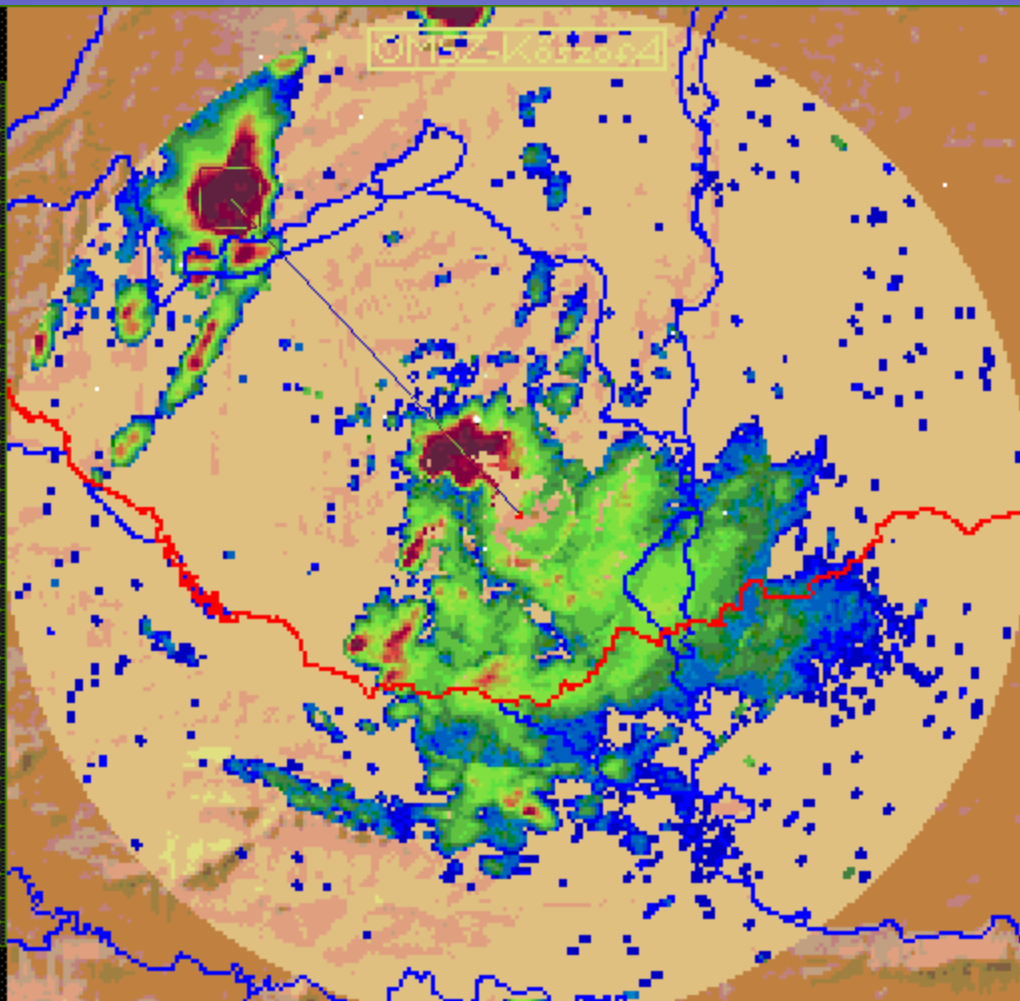
Az operatív munka

- Beavatkozási időszak: 05.01-09.30.
- Folyamatos 24 órás beavatkozásvezetői szolgálat a Hármass-hegyen (1 fő meteorológus).
- A hálózati munkatárs 12 órás szolgálatban: a generátorok javítása, a kezelők ellenőrzése, hatóanyaggal ellátás.
- Az MRL-5 típusú radar karbantartása, javítása havi 3 nap.

ANG: 317.49
KM : 105.81

RAPOSKA
2.83km 135.0°
TAPOLCA
3.16km 108.4°
LESENCEISTVAND
3.16km 251.6°
LESENCE TOMAJ
3.61km 236.3°
UZSABANYA
4.12km 256.0°
GYULAKESZI
4.12km 104.0°
NEMESVITA
5.00km 216.9°
UZSA
5.10km 258.7°
LESENCEFALU
5.66km 225.0°
KISAPATI
5.66km 135.0°
AGARTETO
5.83km 59.0°
HEGYMAGAS
6.32km 161.6°
ZALAHALAP
7.07km 45.0°
ODOROGD
7.07km 8.1°
DISZEL
7.07km 98.1°
BADACSONYTORDEMIC
7.21km 123.7°
SASKA
7.81km 50.2°
VARVOLGY
8.25km 256.0°

COV: 100.00

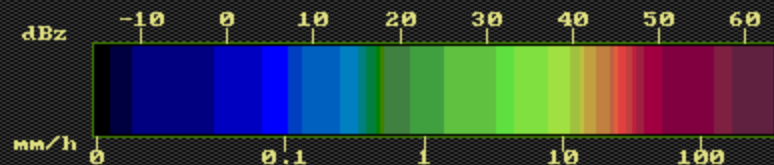


MIN: 15.00
MAX: 63.50

AVE: 54.62

HAR.HEGY
HYS:12.0°
Ch1:10cm

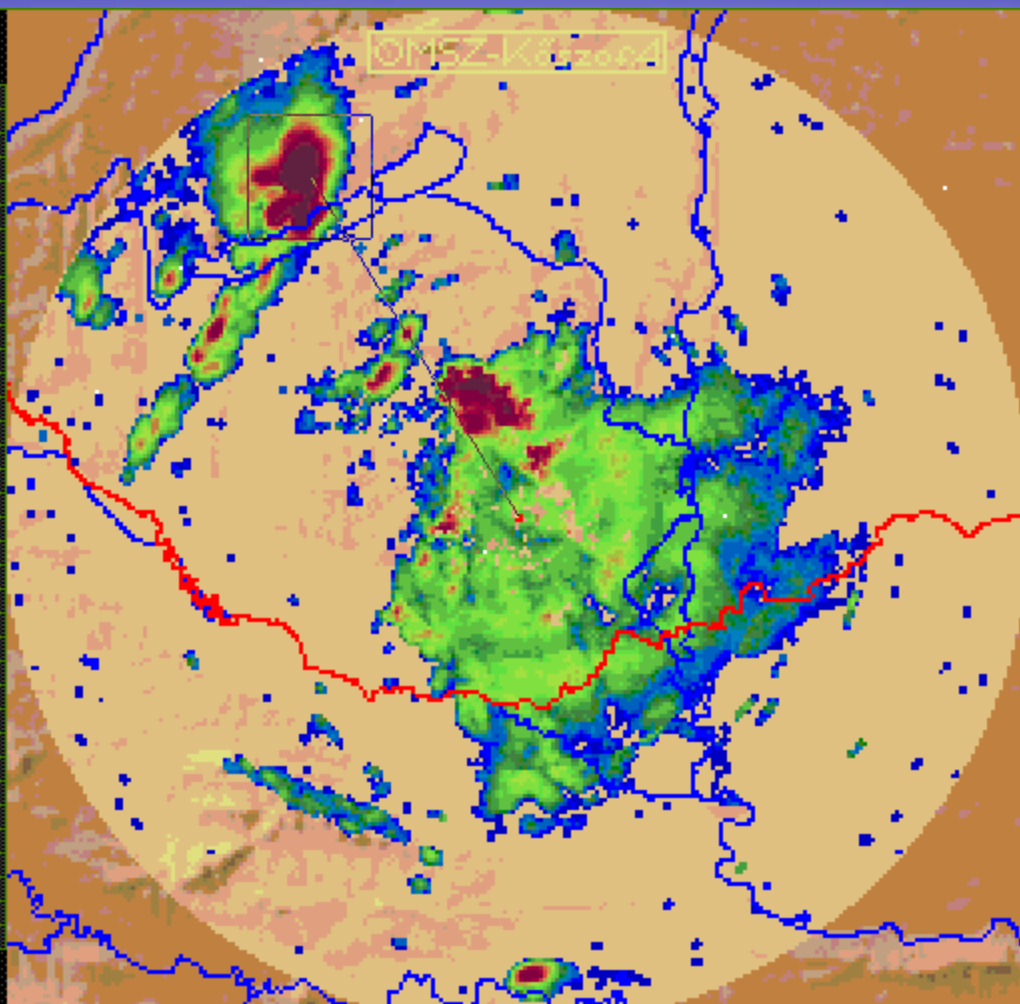
2016/07/13
17:47:59
Ran:128



ANG: 328.49
KM: 98.53

SZENTANTALFA
1.00km 180.0°
SZENTJAKABFA
1.41km 135.0°
BALATONCSICSO
1.41km 45.0°
MENCSELY
2.24km 63.4°
BALATONSZOLOS
2.24km 296.6°
KISDORGCSE
4.12km 76.0°
VIGANTPETEND
5.00km 306.9°
TACYON
5.00km 126.9°
BALATONHENYE
5.00km 233.1°
VOROSTO
5.39km 68.2°
KAPOLCS
5.83km 301.0°
PULA
6.00km 0.0°
NAGYVAZSONY
6.08km 350.5°
ASZOFO
6.08km 99.5°
MONOSZLO
7.00km 180.0°
VASZOLY
7.07km 81.9°
MONOSTORAPATI
7.07km 261.9°
OCS
7.21km 326.3°

COV: 75.66

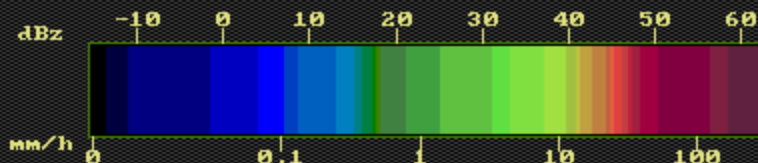


MIN: 0.50
MAX: 63.50

AVE: 40.28

HAR.HEGY
HYS:12.0°
Ch1:10cm

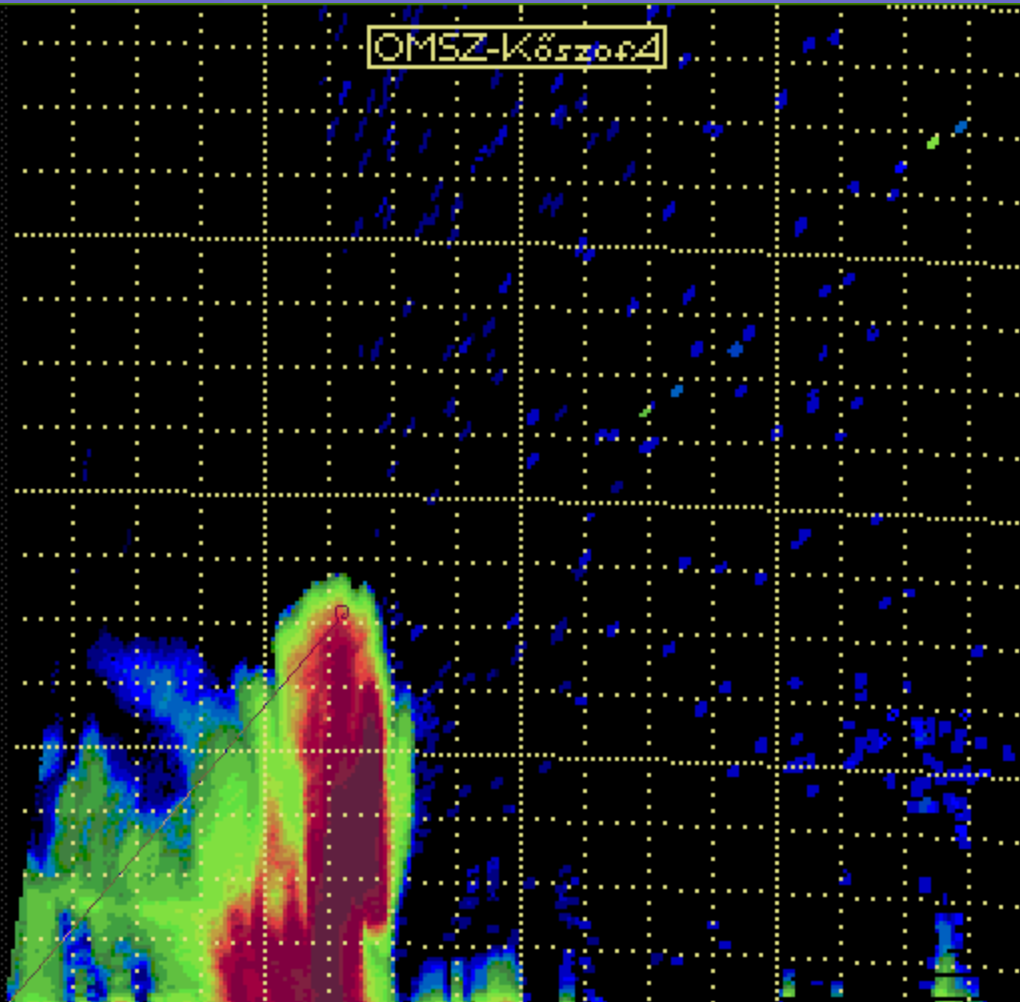
2016/07/13
18:02:55
Ran:128



YKM: 12.29
XKM: 42.00

MIN: 37.00
MAX: 46.50

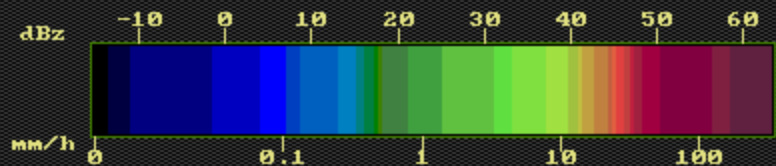
OMSZ-Köszörfő



COV: 100.00

AVE: 42.68

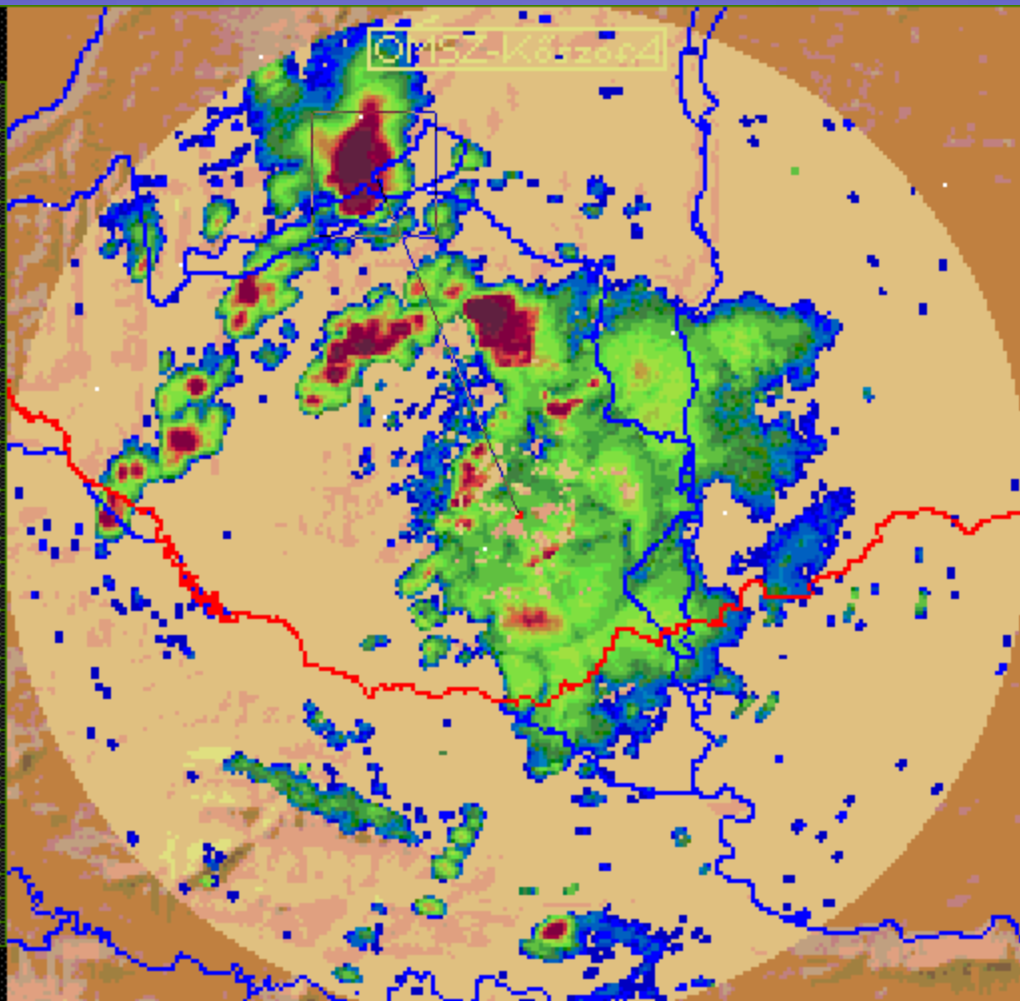
HAR.HEGY 2016/07/13
RHI: 343.6° 18:08:37
Ch1: 10cm Ran: 128



ANG: 337.09
KM : 91.19

BALATONFÜRED
1.41km 225.0°
PALOZNAK
2.24km 333.4°
TIHANY
3.00km 180.0°
CSOPAK
5.00km 36.9°
TIHANYI-REV
5.10km 168.7°
ORUENYES
5.83km 239.0°
PECSÉLY
6.40km 308.7°
LOVAS
6.40km 51.3°
BALATONARACS
6.71km 26.6°
BALATONUDVARI
7.21km 236.3°
ZAMARDI
8.06km 150.3°
KILLIANTELEP
8.60km 234.5°
HIDEKUT
8.94km 333.4°
VASZOLY
9.06km 276.3°
SZANTÓD-FÜRDŐTELE
9.06km 173.7°
BALATONSZEPLAK
9.22km 139.4°
ALSOORS
9.22km 49.4°
KOROSHEGY
9.49km 161.6°

COV : 78.98

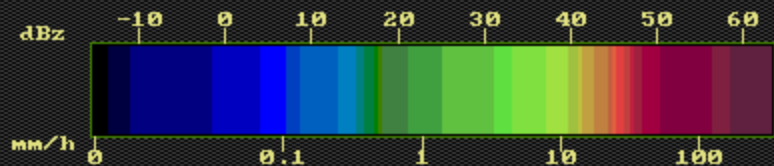


MIN: 0.50
MAX: 63.50

AVE: 34.66

HAR.HEGY
HYS:12.0°
Ch1:10cm

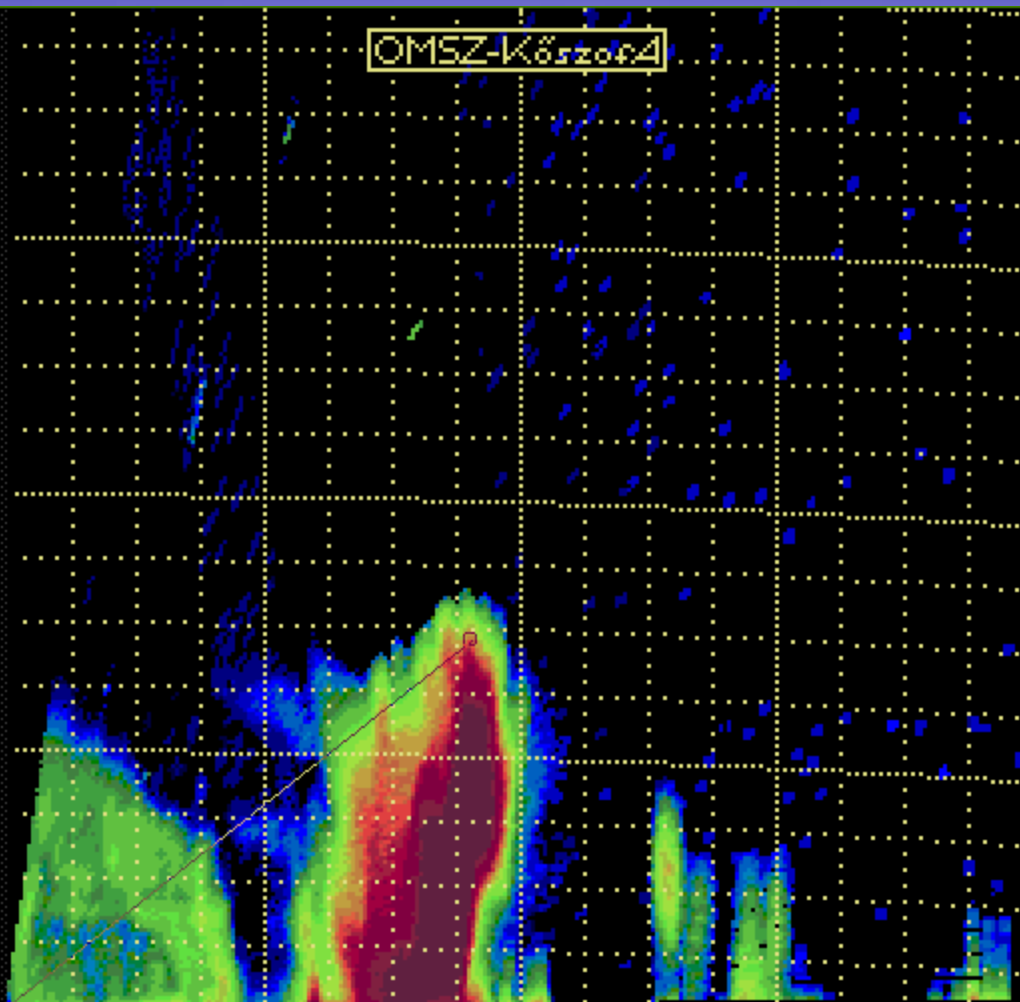
2016/07/13
18:18:10
Ran:128



YKM: 11.64
XKM: 58.00

MIN: 37.00
MAX: 46.00

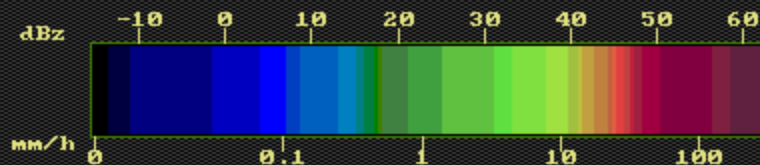
OMSZ-Körzóna



COV: 100.00

AVE: 41.73

HAR.HEGY 2016/07/13
RHI: 354.2° 18:20:31
Ch1: 10cm Ran: 128



Beavatkozásvezetői jelentés (36/2016) (KIVONAT)

2016. július 13.

Beavatkozásvezető: Bereczki Károly

A generátorok működési ideje:	<u>I. ÉNy:</u>	12:30 - 02:15	13 óra 45 perc
	<u>II. DNy:</u>	12:30- 02:30	13 óra 30 perc
	<u>III. ÉK:</u>	12:30- 02:15	13 óra 45 perc
	<u>IV. DK:</u>	12:30- 02:30	13 óra 30 perc

.....
|

Időjárási helyzet:

.... A labilis légrétegződés mellett estétől hidegfront segíti a heves zivatarok kialakulását.

A légrétegződés nagyon labilis $CAPE = 2533 \text{ J/kg}$ (Pécs 12 UTC).

$H_0 = 4200 \text{ m}$. $H_{45jv} = 4/3 \times H_0 + 1 = 6,6 \text{ km}$, $H_{45jeges} = H_0 + 3 = 7,2 \text{ km}$

.....

.....

Meghibásodások:

A hajnali vihar miatt nincs áram, nincs internet. (Másnap délutánra álltak helyre a szolgáltatások, addig aggregátoros működés volt.)

2016. 07. 13. 45 dBZ-t meghaladó célok a VT-en: (KIVONAT)

$H_0 = 4200$ m. $H_{45jv} = 4/3 \times H_0 + 1 = 6,6$ km, $H_{45jeges} = H_0 + 3 = 7,2$ km

UTC idő	Intenzitás dBZ	Hely	Hmax	H45
.....		
17.47	60,0	Sellye, Kákics	8,0	4,0
	63,5	Kaposszekcső, Dombóvár, Vásárosdombó	12,0	9,0
18.02	63,5	Döbrököz, Kurd, Dalmand	13,0	12,2
	53,0	Somogyzsitfa, Marcali	7,0	5,6
	63,5	Balatonboglár, Balatonlelle, Révfülöp	12,0	9,4
18.18	63,5	Tamási, <u>Miklós</u>vár, Pári	13,0	12,0
	62,5	Ecseny, Ráksi, Mernye	11,8	6,4
	63,5	Szántód, <u>Balatonudvari</u>	12,0	9,8
	55,5	Somogyszentpál, Kéthely	10,4	7,8
	54,0	Nagyszakácsi, Tapsony	12,0	8,2
	54,0	<u>Kaszópuszta</u>, Segesd	12,0	8,0
.....		

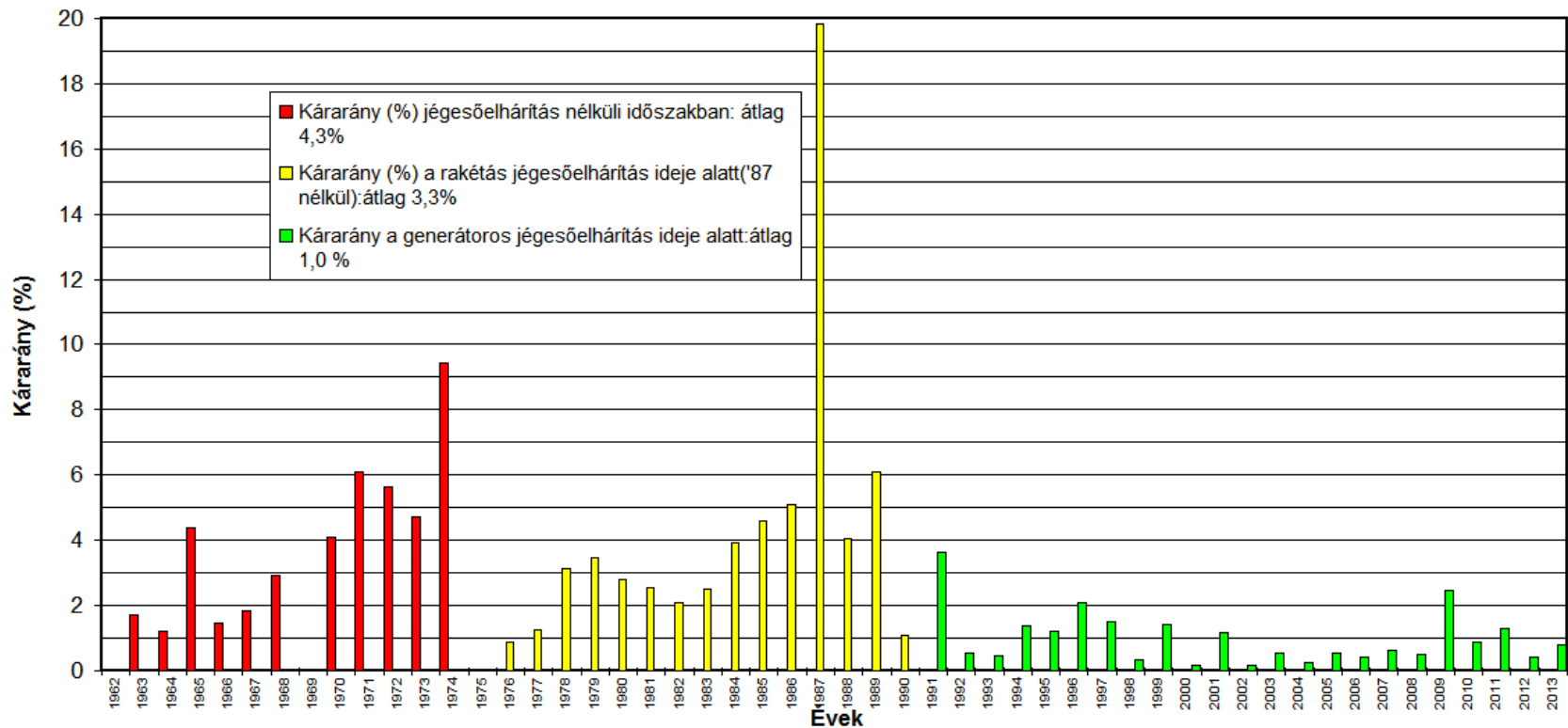
Jégjelentések 2016. 07. 13. (KIVONAT)

Hely	Mikor helyi idő	Tartam perc	Méret	Mennyiség db/m ²	Megjegyzés
.....		
Meződ	19.46-19.48	2 p	Búzaszem	Kevés	Sok esővel
Magyarakeszi	20.15-20.30	15 p	Kb. 2 cm-es, 5 Ft-os érme nagyságú	A talajt beterítette, hamar olvadt	Sok esővel

Hatékonyság

kárarány=kártérítési összeg és a biztosított érték hányadosa százalékban

Kárarányok alakulása Baranya megyében
1962-2013 között



Baranya megyei biztosítási adatok

<i>Év</i>	<i>Bizt.ter. [ha]</i>	<i>Bizt. érték [EFt]</i>	<i>Kártérítés [EFt]</i>	<i>Kárarány [%]</i>
2004	137.989	20.075.846	53.507	0,27
2005	140.340	19.520.414	109.674	0,56
2006	117.294	18.371.768	79.586	0,43
2007	132.712	21.629.359	135.600	0,63
2008	116.995	27.926.623	135.852	0,49
2009	101.396	22.822.527	565.461	2,48
2010	153.068	32.768.332	284.097	0,87
2011	145.021	36.720.585	479.692	1,31
2012	148.580,6	45.084.794	195.887	0,43
2013	172.755	56.569.817	458.882	0,81

Somogy megyei biztosítási adatok

<i>Év</i>	<i>Bizt.ter. [ha]</i>	<i>Bizt. érték [EFt]</i>	<i>Kártérítés [EFt]</i>	<i>Kárarány [%]</i>
2004	124.949	19.854.631	46.524	0,23
2005	135.997	20.506.827	114.303	0,56
2006	127.630	21.116.152	174.045	0,82
2007	138.984	22.415.107	124.375	0,55
2008	109.716	27.602.172	346.824	1,26
2009	96.487	22.900.656	671.519	2,93
2010	126.650	27.679.488	78.283	0,28
2011	114.628	33.208.317	140.276	0,42
2012	132.502	40.573.468	79.731	0,2
2013	124.409	41.505.199	195.029	0,47

Tolna megyei biztosítási adatok

<i>Év</i>	<i>Bizt.ter. [ha]</i>	<i>Bizt. érték [EFt]</i>	<i>Kártérítés [EFt]</i>	<i>Kárarány [%]</i>
2004	102.212	16.749.087	141.211	0,84
2005	113.061	17.321.107	33.822	0,20
2006	105.613	14.928.232	70.333	0,47
2007	96.737	18.446.960	25.562	0,14
2008	91.930	24.376.240	154.857	0,64
2009	65.216	14.398.262	51.766	0,36
2010	128.370	25.819.210	51.031	0,20
2011	92.823	27.243.558	172.806	0,63
2012	96.700	30.881.682	15.021	0,05
2013	91.208	40.406.417	156.885	0,39

Gazdasági hatékonyság

- 2013-ban ~ 4,8 milliárd Ft értéket sikerült megóvni
- 1 Ft ráfordítással 36 Ft termelési érték óvható meg a jégveréssel szemben
- A fentiek nem tartalmazzák a fel nem mért lakossági kármegtakarítást

N: 46° 10.845' E: 18° 20.018' A: 745m
2006 Jan 28 13:46:47



Hármas-hegyen a radarközpont (a háttérben Hosszúhetény)



A Hármashegy 2009. májusában egy évvel Zsófia előtt...



...és néhány nappal a Zsófia ciklon után 2010. májusában



BEOL

63 / 139 kép | kép letöltése



Pusztító vihar Mezőhegyesen (június 18.)

2010.06.18 | Szabó Ákos

Lecsapott a vihar Dél-Békésre. Mezőhegyesen fákat csavart ki a szél, a jégeső lakótelepi házak ablakait zúzta be, leszakadt villanyvezetékek lógnak az utcákon hömpölygő vízbe. A mezőhegyesi lovardában is károk keletkeztek, tizenegyen megsérültek.

Talajmenti köd és csupasz fák jégverés után (Mezőhegyesen 2010. június 18. délután)
Az ehhez hasonló jégesők okozta kárt mérsékelni igen, de megszüntetni nem lehet.
A kormány szándéka a jégesőelhárítás kiterjesztése az egész ország területére.

Az előadáshoz döntő mértékben hozzájárult a

NEFELA

**Dél-magyarországi
Jégesőelhárítási Egyesülés**
web: www.nefela.hu

Molnár Károly

molnarka.molnar@gmail.com

Köszönöm a figyelmet!