

FORUMUL WATER LOSS BALKANS

CONFERINȚA TEHNICO-ȘTIINȚIFICĂ INTERNAȚIONALĂ
Reducerea pierderilor de apă – „obligatie” sau sursă de venituri

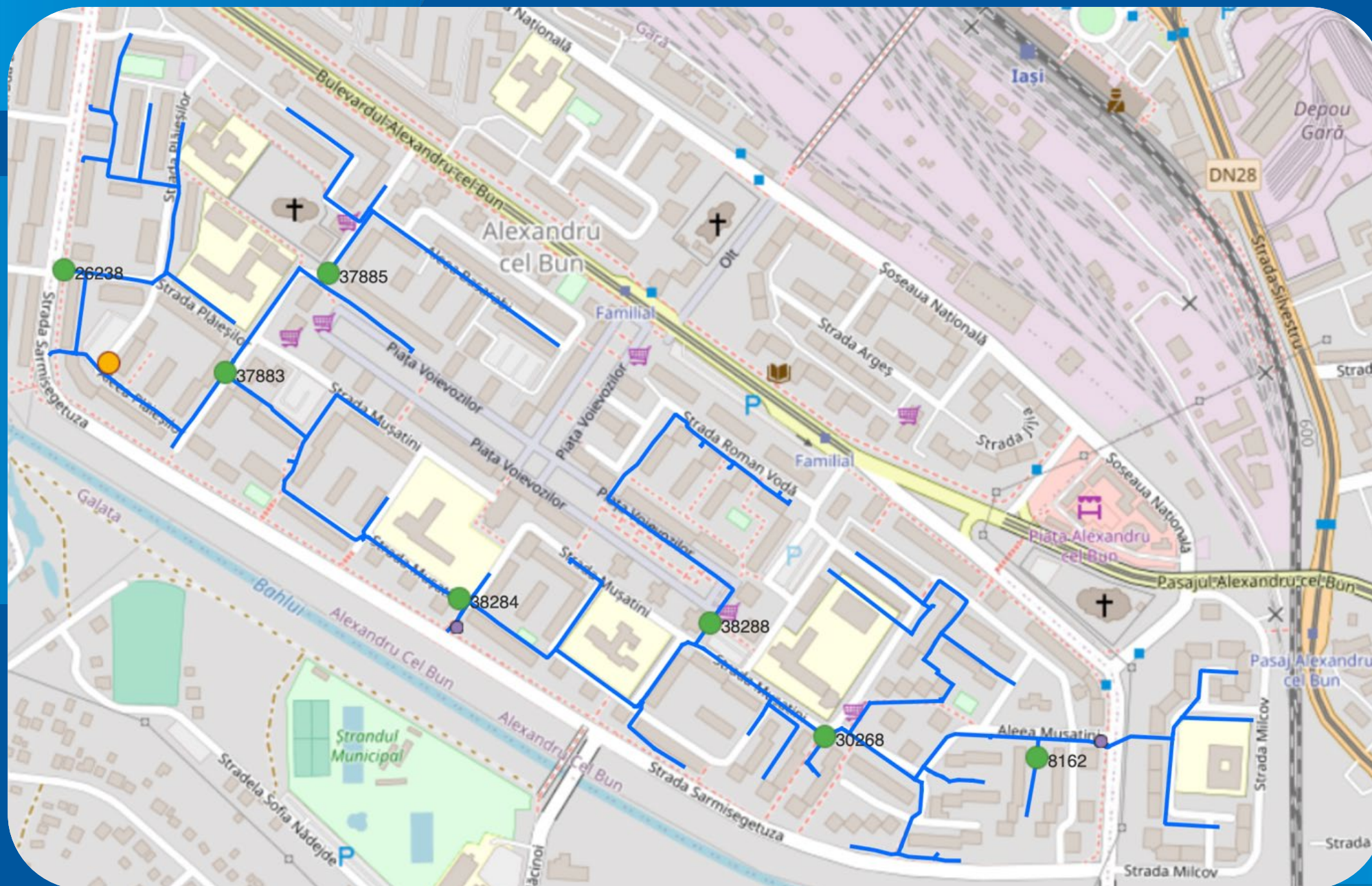
Constanța, România
31 august – 01 septembrie 2023

Infrastructure Leakage Index - Metoda de calcul adaptată la condițiile rețelelor de apă din România. Cazul DMA IAS-01-03, Alexandru cel Bun (ApaVital Iași)

Dr. Ing. Mihai Doruș, Dr. Ing. Valeriu Iftime, Ing. Mathias Martin.

Mihai Doruș este doctor inginer în inginerie civilă, Valeriu Iftime este doctor inginer în informatică de proces, Mathias Martin este inginer expert în NRW.

DMA IAS-01-03, ALEXANDRU CEL BUN



DMA IAS-01-03, Alexandru cel Bun este compus din:

- 1 intrare;
- 1 ieșire;
- 211 brașamente, în principal clădiri rezidențiale cu 4 sau 6 etaje (blocuri de locuințe, puține sau deloc case individuale);
- lungimea rețelei = 7,740 km;
- distanța medie de la rețea la brașament = 10 m;
- presiunea medie în DMA = 30,6 mca (3,0 bar).

În perioada 2016 - 2022, APAVITAL Iași a întreprins lucrări majore în DMA IAS-01-03, Alexandru cel Bun, pentru a reduce semnificativ pierderile de apă.

Situația dinaintea lucrărilor: aproximativ 60% pierderi

Lucrări efectuate:

- înlocuirea unei părți a rețelelor în 2016;
- repararea a 23 de scurgeri, în principal la brașamente, 2017-2020;
- instalarea de contoare de înaltă precizie în 2020;
- instalarea modulelor radio (LoRa) pe contoare în iunie-iulie 2022.

Rezultatele generale pentru întregul an 2022 sunt următoarele:

DMA	Month	Injected	Measured	Total Loss	NRW %
IAS-01-03	janv-22	34 205	30 134	4 071	11,9%
IAS-01-03	févr-22	31 002	27 003	3 999	12,9%
IAS-01-03	m ars-22	34 330	29 989	4 341	12,6%
IAS-01-03	avr-22	33 270	29 180	4 090	12,3%
IAS-01-03	mai-22	34 104	30 226	3 878	11,4%
IAS-01-03	juin-22	34 205	28 920	5 285	15,5%
IAS-01-03	juil-22	35 494	29 457	6 037	17,0%
IAS-01-03	août-22	34 372	28 958	5 414	15,8%
IAS-01-03	sept-22	34 203	28 707	5 495	16,1%
IAS-01-03	oct-22	32 660	28 555	4 105	12,6%
IAS-01-04	nov-22	30 834	27 039	3 795	12,3%
IAS-01-05	déc-22	32 879	28 822	4 058	12,3%
Full year	2022	401 558	346 990	54 568	13,6%
Full year	Before project	750 000	300 000	450 000	60,0%
	Project - Results	-348 442	46 990	-395 432	
		-46,5%	15,7%	-87,9%	
		Injected	Measured	Total Loss	NRW %

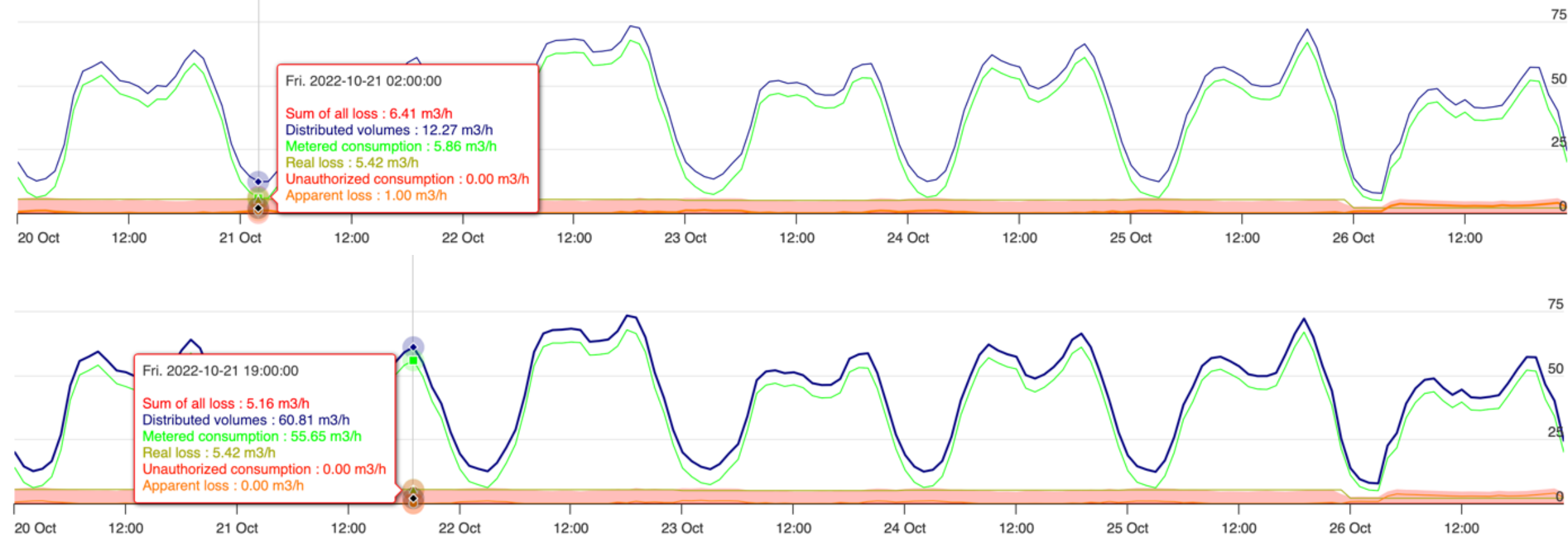
Ca medie anuală, pierderile totale de apă au fost reduse cu aproximativ 87,9%, adică 395.000 m³ /an, iar NRW% a scăzut de la 60% la 13,6%.

Impactul asupra consumului de energie electrică înseamnă o reducere de aproximativ 0,500 kWh / m³ injectat, adică aproximativ 175 MWh / an și aproximativ 49 de tone de CO₂ / an (280g CO₂/kWh).

La începutul anului 2023, utilizarea datelor orare (a se vedea pagina următoare) a făcut posibilă efectuarea unui step test în DMA, precum și o prelocalizare hidraulică a pierderilor reale. Astfel, ApaVital a reușit să detecteze pierderile reziduale în martie 2023 și a atins un nivel minim al pierderilor în aprilie 2023:

DMA	Month	Injected	Measured	Total Loss	NRW %
IAS-01-03	avr-23	29 870	27 573	2 297	7,7%

Balanța orară, exemplu, 23/10 - 26/10/2022:



Utilizând balanța orară pe întregul an, putem modela DMA IAS-01-03 cu următoarele valori medii rotunjite:

Period	Injected volumes	Measured volumes	Total Loss	NRW %	Real Loss	Apparent loss	RL Split	AL Split
Night, 2:00am-3:00am	13,20	5,39	7,81		6,91	0,90		
Full Day	1 100	951	150	13,6%	141	9		
Month	33 463	28 916	4 547	13,6%	4 289	259		
Year	401 558	346 990	54 568	13,6%	51 465	3 103	94,3%	5,7%
Period	Injected volumes	Measured volumes	Total Loss	NRW %	Real Loss	Apparent loss	RL Split	AL Split
Real Loss - Leakage	m3 / km / day	l / connection / day	m3/h					
	18,22	668	5,88					
Apparent Loss		40						

Calcularea Infrastructure Leakage Index - contradicții și propuneri:

Parametrii utilizați pentru a calcula indicatorul ILI - Infrastructure Leakage Index:

- lungimea rețelei (L_m) = 7,740 km;
- numărul de brașamente (N_c) = 211;
- distanța medie de la rețea la brașament (l_p) = 10 m;
- $L_p = N_c \times l_p$;
- presiunea medie (P) în DMA = 30,6 mca (3,0 bar).

$$\text{Infrastructure Leakage Index} = \text{Current Annual Real Loss} / \text{Unavoidable Annual Real Loss}$$
$$\text{ILI} = \text{CARL} / \text{UARL}$$

Formule utilizate:

- $\text{UARL (m}^3/\text{an)} = (6,57 \times L_m + 0,292 \times N_c + 9,132 \times L_p) \times P$
- $\text{UARL (l/zi)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$
- $\text{Densitate} = \text{numărul de brașamente pe km de rețea} = N_c / L_m$

DMA parameters:	IAS-01-03
Density	27,26
UARL (m³/year)	4 030
UARL (liters/day)	11 040
UARL (liters/day/connection)	52,3

Calculul brut al ILI dă următorul rezultat pentru anul 2022:

DMA volumes:	IAS-01-03		
Water Injected (m3/year)	401 558		
Water Measured (m3/year)	346 990		
Water Loss (m3/year)	54 568		
NRW %	13,6%		
Use of hourly data - split calculation:		If no hourly data - split estimation:	
Minimum night flow (m3/h)	13,20		
Night consumption (m3/h) - measured	5,39		
Real loss at night (m3/h)	6,91		
Apparent loss at night (m3/h)	0,90		
Night day factor	85%		
Real loss (m3/day)	141		
Real loss (m3/year) - calculated	51 465	Real Loss (m3/year) - estimated	36 561
Apparent loss (m3/year) - calculated	3 103	Apparent Loss - split estimation	33,0%
Apparent loss - split calculated	5,7%	Apparent Loss (m3/year) - estimated	18 007
Real loss - split calculated	94,3%	Real Loss - split estimation	67,0%
ILI	12,77	ILI	9,07

Calcularea pierderilor de apă, dacă ILI = 1,00; apoi 1,50; apoi 2,00:

ILI este stabilit în mod arbitrar, volumele sunt calculate după cum urmează:

DMA volumes:	IAS-01-03	IAS-01-03	IAS-01-03
Water Measured (m3/year)	346 990	346 990	346 990
ILI	1,00	1,50	2,00
Real loss (m3/year) - calculated	4 030	6 045	8 060
Apparent loss (m3/year) - calculated	3 103	3 103	3 103
Water Loss (m3/year) - calculated	7 133	9 148	11 163
Water Injected (m3/year) - calculated	354 123	356 138	358 153
NRW %	2,0%	2,6%	3,1%

Ipotezele ILI = 1,00 ; ILI = 1,50 ; ILI = 2,0 ; conduc la rezultate NRW% care nu sunt realiste.

Concluzii privind calculul ILI brut:

- Utilizarea unei estimări pentru a împărți pierderile totale în pierderi reale (CARL) și pierderi aparente poate duce la erori semnificative în calculul ILI.
- Calcularea exactă a pierderilor reale (CARL) și, prin urmare, a ILI, necesită utilizarea de date orare.
- Rezultatul obținut, ILI = 12,77 - adică o bandă ILI = D2, este deosebit de nefavorabil și indică faptul că trebuie întreprinse lucrări majore în DMA, ceea ce este în contradicție cu realitatea și cu rata foarte scăzută de NRW%.
- Ratele NRW% obținute prin stabilirea arbitrară a ILI = 1,00; apoi 1,50; apoi 2,00; sunt nerealiste, deoarece sunt mult prea mici.
- Prin urmare, calculul brut al ILI nu pare adecvat pentru acest DMA, care este alcătuit în principal din clădiri rezidențiale cu 4 sau 6 etaje (blocuri de locuințe, cu puține sau deloc case individuale).

Comparația nr. 1, "în cazul în care DMA IAS-01-03 ar consta numai din case":

Se iau în considerare 2 ipoteze:

- Cazul în care procentajul NRW rămâne același.
- Cazul în care ILI rămâne neschimbat.

ILI se calculează după cum urmează:

DMA parameters:		IAS-01-03	
Density	27,26		
UARL (m3/year)	4 030		
UARL (liters/day)	11 040		
UARL (liters/day/connection)	52,3		
DMA volumes:		IAS-01-03	IAS-01-03
If NRW% remains the same:		If ILI remains the same:	
Consumption (liters/day/connection)	400,00	Consumption (liters/day/connection)	400,00
Water Measured (m3/year)	30 806	Water Measured (m3/year)	30 806
NRW %	13,6%	ILI	12,77
Water Injected (m3/year)	35 655	Real loss (m3/year) - calculated	51 463
Water Loss (m3/year)	4 849	Real loss - split calculated	94,3%
Real loss - split calculated	94,3%	Water Loss (m3/year)	54 574
Real loss (m3/year) - calculated	4 573	Water Injected (m3/year)	85 380
ILI	1,13	NRW %	63,9%

Această comparație arată că formula de calcul UARL și, prin urmare, calculul ILI, poate fi aplicată în cazul unui DMA format din case.

De asemenea, se arată că un ILI de 12,77 este mai compatibil cu un NRW de 63,9% decât cu un NRW de 13,6%.

Comparația nr. 2, "cu alte DMA studiate, echipate cu date orare":

DMA IAS-01-03 este comparat cu alte 4 DMA-uri rezidențiale urbane, toate având date orare:

- DMA 1: case, România;
- DMA 2: case, Europa de Sud;
- DMA 3: case, România;
- DMA 4: scări de bloc, blocuri, cu 4 până la 10 etaje, România.

Comparația arată că formula de calcul UARL este adecvată pentru DMA 1, 2 și 3, care sunt alcătuite din case.

Pe de altă parte, nu este adecvată pentru DMA IAS-01-03 și DMA 4, care sunt formate din blocuri și care conduc la indicatori ILI excesiv de mari.

DMA parameters :	IAS-01-03	DMA 1	DMA 2	DMA 3	DMA 4
Lm - total length of mains (km)	7,740	19,902	8,850	7,750	3,100
Nc - number of connections	211	850	970	225	70
lp - mains to meter	10,0	7,0	5,0	5,0	8,0
Lp - total mains to meters (km)	2,110	5,950	4,850	1,125	0,560
Pressure average (m)	30,6	25,5	25,5	25,5	51,0
Density	27,26	42,71	109,60	29,03	22,58
UARL (m ³ /year)	4 030	11 046	9 832	3 235	2 341
UARL (liters/day)	11 040	30 260	26 935	8 862	6 414
DMA volumes:					
Water Injected (m ³ /year)	401 558	144 864	106 247	84 552	290 412
Water Measured (m ³ /year)	346 990	109 932	77 728	32 796	98 676
Water Loss (m ³ /year)	54 568	34 932	28 519	51 756	191 736
Real loss - split calculated	94,3%	54,2%	52,1%	68,1%	98,9%
Real loss (m ³ /year) - calculated	51 465	18 948	14 872	35 244	189 612
Apparent loss - split calculated	5,7%	45,8%	47,9%	31,9%	1,1%
Apparent loss (m ³ /year) - calculated	3 103	15 984	13 647	16 512	2 124
DMA indicators:					
NRW %	13,6%	24,1%	26,8%	61,2%	66,0%
ILI	12,77	1,72	1,51	10,89	80,98
Real loss (m ³ / km / day)	18,2	2,6	4,6	12,5	167,6
Real loss (m ³ /h)	5,9	2,2	1,7	4,0	21,6
Water injected (liters/day/connection)	5 214,0	466,9	300,1	1 029,6	11 366,4
NRW (liters/day/connection)	708,5	112,6	80,6	630,2	7 504,3
Real loss (liters/day/connection)	668,2	61,1	42,0	429,2	7 421,2
Apparent loss (liters/day/connection)	40,3	51,5	38,5	201,1	83,1
Consumption (liters/day/connection)	4 505,5	354,3	219,5	399,3	3 862,1
Night consumption (m ³ /h) - measured	5,39	2,40	1,20	0,88	3,10
Night consumption (liters/h/connection)	25,55	2,82	1,24	3,91	44,29
UARL (liters/day/connection)	52,3	35,6	27,8	39,4	91,6

Comparația nr. 3, cu propunerea de calcul UARL:

Considerăm un caz "perfect" de consum rezidențial, după cum urmează:

- Casă, 3 persoane, consum 400 litri/zi;
- Presiunea medie = 30,6 m;
- Densitate = 30;
- UARL de 40 litri/zi;
- ILI și ALI = 1,00.

DMA parameters :	Residential standard example
Pressure average (m)	30,6
Density	30,00
UARL (liters/day/connection)	40,0
Night consumption (liters/h/connection)	2,10
Consumption (liters/day/connection)	400,0
Apparent loss (liters/day/connection)	20,0
Real loss (liters/day/connection)	40,0
Total loss (liters/day/connection)	60,0
Water injected (liters/day/connection)	460,0
NRW %	13,0%
ILI	1,00
ALI	1,00

Apoi, vom compara acest caz "perfect" cu DMA 1, 2 și 3 deja studiate, rezidențiale cu case:

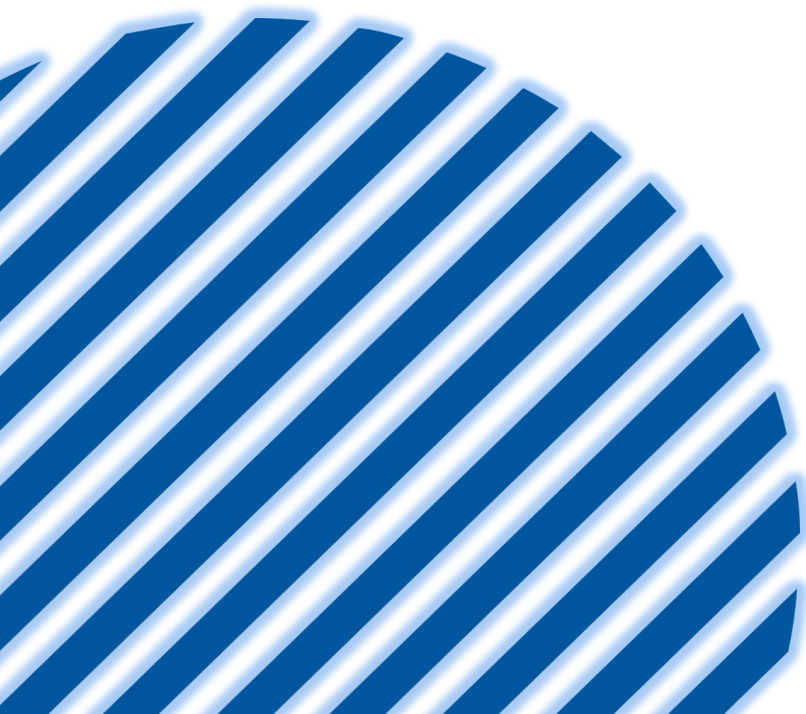
DMA parameters :	Residential standard example	DMA 1	DMA 2	DMA 3
Pressure average (m)	30,6	25,5	25,5	25,5
Density	30,00	42,71	109,60	29,03
UARL (liters/day/connection)	40,0	35,6	27,8	39,4
Night consumption (liters/h/connection)	2,10	2,82	1,24	3,91
Consumption (liters/day/connection)	400,0	354,3	219,5	399,3
Apparent loss (liters/day/connection)	20,0	51,5	38,5	201,1
Real loss (liters/day/connection)	40,0	61,1	42,0	429,2
Total loss (liters/day/connection)	60,0	112,6	80,6	630,2
Water injected (liters/day/connection)	460,0	466,9	300,1	1 029,6
NRW %	13,0%	24,1%	26,8%	61,2%
ILI	1,00	1,72	1,51	10,90
ALI	1,00	2,91	3,51	10,07

Datele sunt consecvente și confirmă faptul că calculul UARL este corect și, prin urmare, calculul ILI este corect.

Comparăm acum acest caz "perfect" cu DMA IAS-01-03, rezidențial cu blocuri:

DMA parameters :	Residential standard example	IAS-01-03	Proportions
Pressure average (m)	30,6	30,6	
Density	30,00	27,26	
UARL (liters/day/connection)	40,0	52,3	
Night consumption (liters/h/connection)	2,10	25,55	12,2
Consumption (liters/day/connection)	400,0	4 505,5	11,3
Apparent loss (liters/day/connection)	20,0	40,3	
Real loss (liters/day/connection)	40,0	668,2	
Total loss (liters/day/connection)	60,0	708,5	11,8
Water injected (liters/day/connection)	460,0	5 214,0	11,3
NRW %	13,0%	13,6%	
ILI	1,00	12,77	12,8
AU	1,00	0,18	

Pentru presiuni și densități comparabile, datele privind consumul nu sunt comparabile, dar proporțiile sunt comparabile.



Prin urmare, pare posibil să se propună un calcul proporțional al UARL, care dă următoarele rezultate:

DMA parameters :	Residential standard example	IAS-01-03	Proportions
Pressure average (m)	30,6	30,6	
Density	30,00	27,26	
UARL (liters/day/connection)	40,0	450,5	11,26
Night consumption (liters/h/connection)	2,10	25,55	12,16
Consumption (liters/day/connection)	400,0	4 505,5	11,26
Apparent loss (liters/day/connection)	20,0	40,3	
Real loss (liters/day/connection)	40,0	668,2	
Total loss (liters/day/connection)	60,0	708,5	11,81
Water injected (liters/day/connection)	460,0	5 214,0	11,33
NRW %	13,0%	13,6%	
ILI	1,00	1,48	
AU	1,00	0,18	

Rezultatele obținute par a fi compatibile cu realitatea DMA în cauză.

Desigur, va fi necesar să se consolideze aceste rezultate cu o analiză detaliată a altor DMA-uri, folosind date orare de consum de la clienții abonați.

Calcularea Infrastructure Leakage Index - concluzii :

Analizele efectuate au condus la următoarele concluzii privind calcularea Infrastructure Leakage Index (ILI) într-un DMA:

$$\text{Infrastructure Leakage Index} = \text{Current Annual Real Loss} / \text{Unavoidable Annual Real Loss}$$
$$\text{ILI} = \text{CARL} / \text{UARL}$$

- Calculul CARL :
 - Nu este posibil să se efectueze un calcul corect al ILI într-un DMA fără o măsurare precisă a pierderilor, inclusiv un calcul la fel de precis al pierderilor reale (și nu o estimare).
 - Pentru a efectua acest calcul, avem nevoie de date orare privind volumele injectate în DMA și de date orare de consum pentru abonații-clienți ai DMA.
- Calculul UARL :
 - Formula de calcul UARL nu este adaptată la toate DMA-urile și poate duce la erori semnificative.
 - Formula de calcul UARL este adaptată pentru DMA-urile rezidențiale formate din case.
 - Formula de calcul UARL nu este adecvată pentru DMA-urile rezidențiale formate din scări de bloc, blocuri.
 - Condițiile specifice operaționale ale DMA-urilor din România fac ca formula de calcul UARL să nu poată fi aplicată fără discernământ peste tot.
 - Metoda de calcul a UARL trebuie adaptată pentru a ține seama de natura specifică a unui DMA și pentru a o compara cu alte DMA-uri în funcție de un număr suficient de indicatori relevanți.

Concluzie:

Calcularea corectă a Infrastructure Leakage Index (ILI) într-un DMA necesită utilizarea pe scară largă a datelor orare de contorizare și o metodă de calcul a UARL adaptată la condițiile reale ale DMA-ului în cauză.