

Treball de Fi de Màster

Màster universitari en Enginyeria Industrial

**Anàlisi de la situació actual d'una empresa amb
lliurament directe de proveïdor a client i disseny i
avaluació d'un nou escenari amb magatzems propis**

ANNEX

Autora: Laia Martínez Sánchez
Directora: Amaia Lusa Garcia
Convocatòria: Gener 2022



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



Sumari

A. DADES BASE PER A L'ESTUDI	5
A.1. Clients amb entrega directa	5
A.2. Demanda dels clients.....	6
B. IMPLEMENTACIÓ DEL MODEL	9
B.1. Software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio.....	9
B.2. Dades base dels clients	11
B.3. Distància entre clients i magatzems	13
B.4. Representació de la solució model.....	14

A. Dades base per a l'estudi

A.1. Clients amb entrega directa

Els diferents proveïdors serveixen a clients situats a diversos països, a continuació es mostra una taula amb el nombre de clients amb entrega directa a cada país.

País	Nombre de clients amb entrega directa	País	Nombre de clients amb entrega directa
IT	1601	LV	7
ES	766	CA	5
FR	465	FI	5
PL	162	RE	4
PT	144	DK	4
BE	137	CN	4
RO	137	ME	3
DE	136	NC	3
CZ	82	MK	3
HU	72	LT	3
US	70	TH	2
SK	57	IE	2
AT	54	AE	2
GB	54	KR	2
HR	35	SM	2
SI	33	BY	2
BA	33	AR	2
RS	32	GF	2
SE	29	MT	2
NL	27	GP	2
UA	26	MD	1
GR	24	MC	1
RU	23	TW	1
ZA	22	AL	1
TR	19	AU	1
BG	15	MA	1
CH	15	IN	1
EE	12	SG	1
BR	12	KZ	1
MX	12	CY	1
LU	10	BW	1
NO	9	MU	1
AD	8	JP	1
		Total general	4407

Taula 1. Nombre de clients amb entrega directa de cada país

A.2. Demanda dels clients

A la següent taula hi ha la Informació respecte la demanda anual dels clients de cada país i la proporció respecte el total de demanda.

País	Demanda a rebre pels clients (kg)	Percentatge respecte el total
IT	13.346	18,1%
GB	8.929	12,1%
ES	8.228	11,2%
FR	6.446	8,7%
CZ	5.490	7,5%
DE	5.129	7,0%
SK	4.591	6,2%
RO	4.569	6,2%
HU	3.075	4,2%
PT	2.263	3,1%
PL	2.109	2,9%
RS	1.413	1,9%
BE	1.350	1,8%
AT	1.349	1,8%
NL	803	1,1%
US	565	0,8%
BA	413	0,6%
MX	380	0,5%
GR	357	0,5%
SI	245	0,3%
BG	207	0,3%
HR	206	0,3%
UA	183	0,2%
RU	170	0,2%
ZA	161	0,2%
LV	138	0,2%
SE	135	0,2%
CH	116	0,2%
LU	111	0,2%
EE	110	0,1%
LT	102	0,1%
FI	100	0,1%
KR	87	0,1%
MD	84	0,1%
TR	82	0,1%
AE	59	0,1%
ME	56	0,1%

Taula 2. Demanda dels clients de cada país

Informació dels clients amb major demanda que reben dels proveïdors estudiats. Es mostra la ubicació de cada client en quant a ciutat i país i també la demanda dels últims tres anys per a cada un d'ells.

Client	Ciutat	País	Demanda		
			2019	2020	2021
1	Gaydon	GB	6734	6890	6968
2	Stuttgart	DE	371	534	616
3	Bratislava	SK	529	658	723
4	MELFI	IT	899	950	976
5	Praha	CZ	425	550	613
6	Atessa	IT	1115	1055	1085
7	Villamuriel de Cerrato	ES	243	378	446
8	Prešov	SK	108	262	339
9	Graz	AT	923	897	910
10	Rastatt	DE	149	259	314
11	Torino	IT	796	760	778
12	Budapest	HU	69	190	251
13	Saint Berthevin	FR	689	670	680
14	Mlada Boleslav	CZ	40	143	195
15	Mulhouse Cedex	FR	518	530	536
16	Muggensturm	DE	2	107	160
17	Bucuresti	RO	424	450	463
18	Budapest	HU	63	156	203
19	Zavar	SK	413	430	439
20	Whitley	GB	203	256	283
21	Vila Nova da Rainha	PT	93	167	204
22	Zemun	RS	224	270	293
23	Marbella	ES	480	469	475
24	Praha 9	CZ	431	432	433
25	Bunschoten-Spakenburg	NL	57	128	164
26	Ramnicu Valcea	RO	134	189	217
27	Bucuresti	RO	26	101	139
28	Huelva	ES	475	450	463
29	Linares	ES	204	243	263
30	Figueres	ES	449	430	440
31	Praha	CZ	221	248	262
32	Villeneuve D Ascq	FR	247	267	277
33	Madrid	ES	70	119	144
34	Trnava	SK	235	250	258
35	Bratislava	SK	77	119	140
36	Wolfsburg	DE	230	240	245
37	Mladá Boleslav	CZ	180	197	206
38	Douai Cedex	FR	222	230	234
39	Bratislava	SK	184	197	204
40	Lisboa	PT	113	139	152
41	Kecskemét	HU	136	155	165
42	Esztergom	HU	229	230	231
43	Madrid	ES	71	100	115
44	Praha 4 - Chodov	CZ	156	169	176

45	Le Plessis Robinsson Cedex	FR	148	160	166
46	Pioltello	IT	136	150	157
47	Warszawa	PL	61	89	103
48	Sant Andreu de la Barca	ES	145	156	162
49	Milano	IT	45	75	90
50	Wolfsburg	DE	102	120	129
51	Wilhelmshaven	DE	51	78	92
52	Esztergom	HU	134	145	151
53	Praha 4	CZ	73	95	106
54	Beograd	RS	149	156	160
55	Września	PL	105	120	128
56	Dillenburg	DE	103	118	126
57	Bremen	DE	130	140	145
58	BOLZANO	IT	69	90	101
59	Domnesti	RO	121	132	138

Taula 3. Clients amb la seva ubicació i demanda dels últims anys

B. Implementació del model

B.1. Software IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

Pel que fa al software utilitzat, primer de tot és necessari descarregar el programa a través de la seva web oficial. En aquest cas, al ser estudiants, amb el mail universitari et deixa fer la descàrrega sense cap tipus de problema.

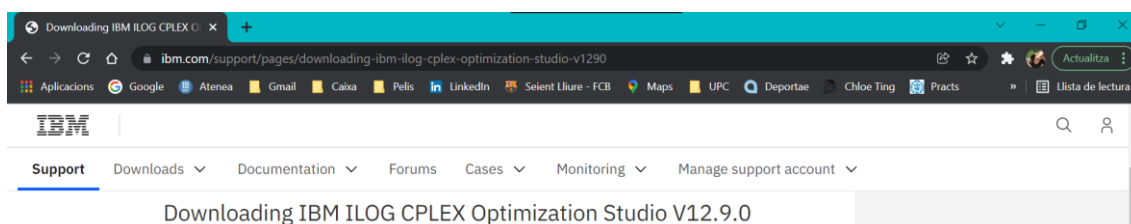


Figura 1. Pàgina web per a la descàrrega del software

El programa consta de diferents finestres que cal entendre i considerar per a la seva correcta execució. És per això que en aquest apartat es parlarà de les diferents parts del programa que s'ha fet servir per a la implementació del model matemàtic.

Primer de tot, cal ubicar la barra d'eines a través de la qual es crea o s'importa un projecte, situada a la part superior esquerra. En aquest cas, al tractar-se d'un nou projecte, ha estat necessari crear un nou model des de la pestanya "File". Un cop creat el model, automàticament es creen els treus arxius amb els que es treballarà: arxIU *.mod*, arxIU *.dat* i l'arxIU *.ops*.

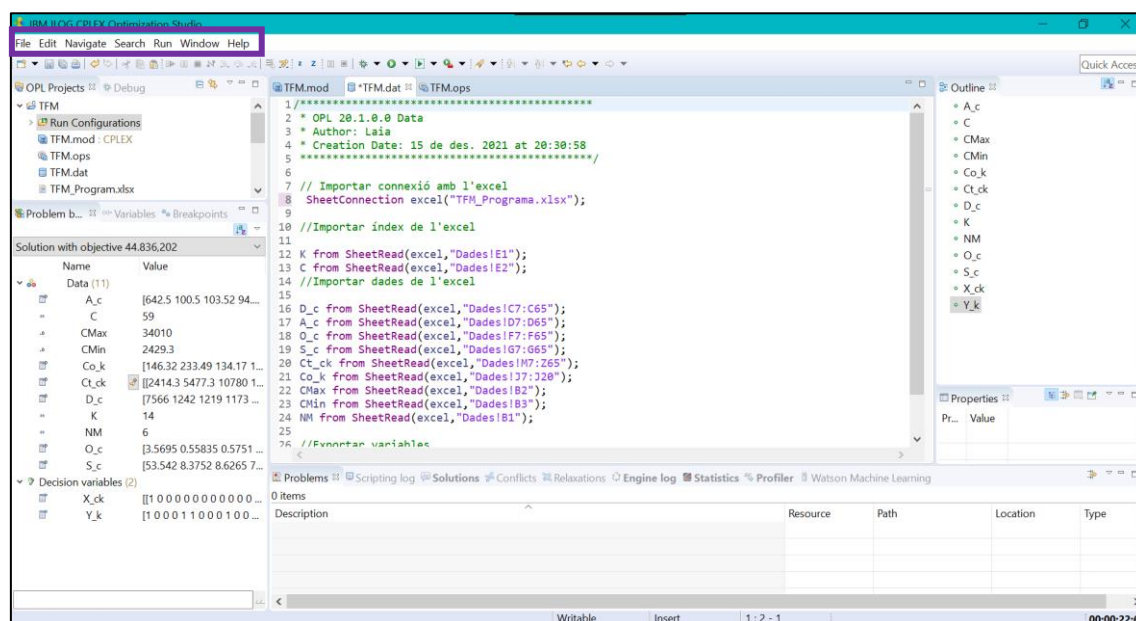


Figura 2. Barra d'eines del programa

Després cal considerar la pestanya d'explorador de projectes, on es pot veure els projectes que s'ha creat o importat. A la figura es pot apreciar aquesta pestanya enquadrada on es pot apreciar el projecte actiu "TFM" que és amb el que s'ha realitzat aquest treball per resoldre el cas d'estudi.

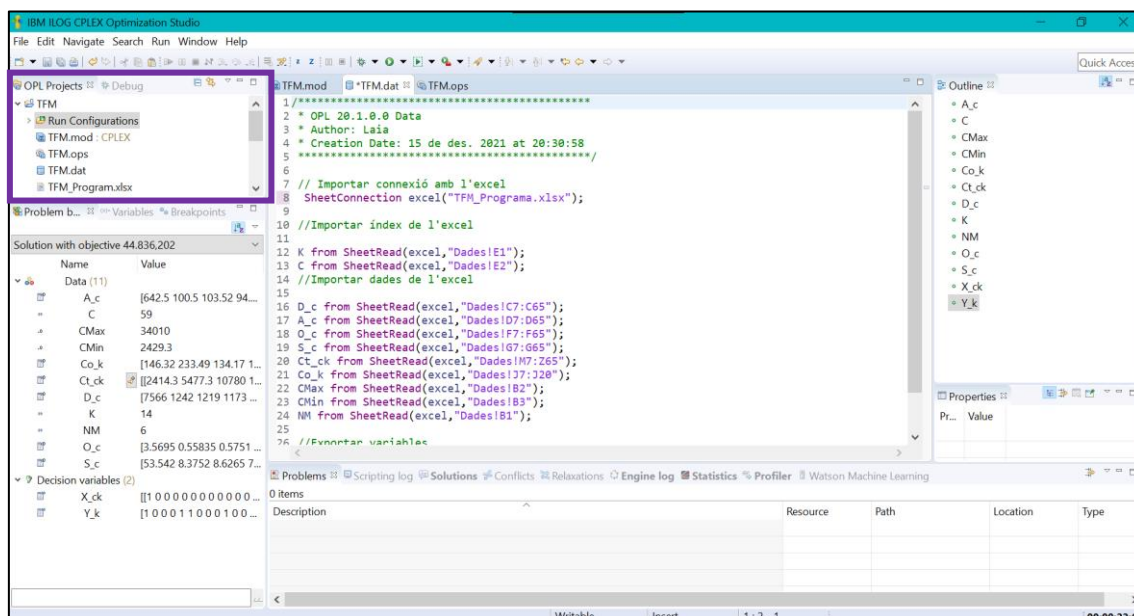


Figura 3. Pantalla de visualització del programa

La finestra que es troba al mig, és la que correspon als detalls del model que es vol configurar. En aquesta pestanya és on es troben els tres arxius mencionats anteriorment i on és possible la seva edició.

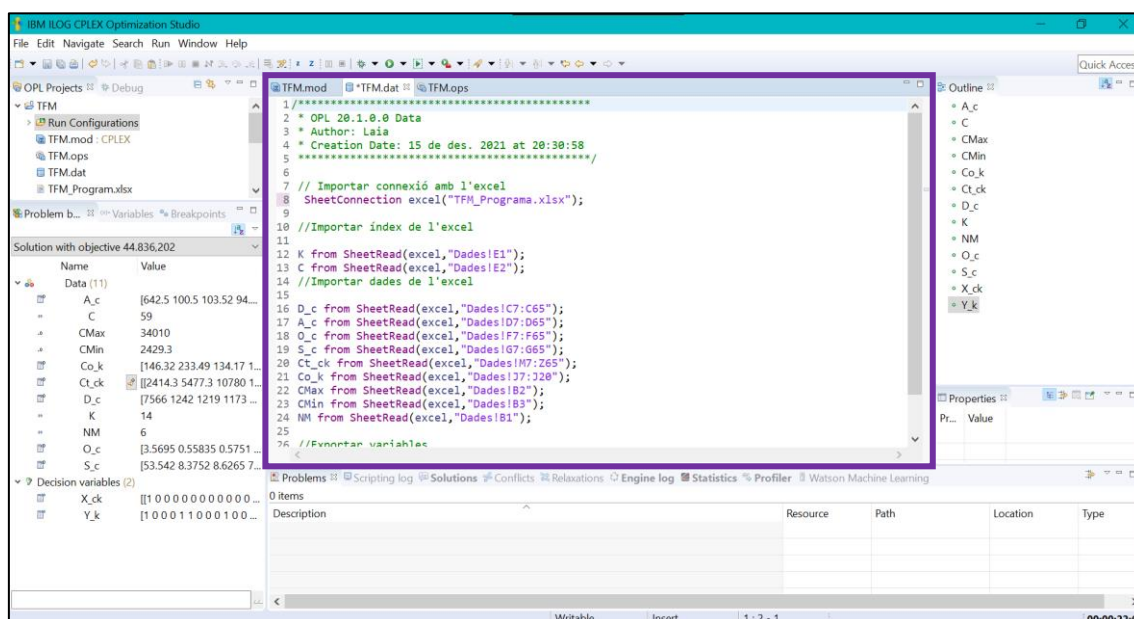


Figura 4. Detalls del model del programa

Per últim la pantalla que es mostra a la part esquerra inferior és on apareix la solució del problema. Concretament ensenya les dades extretes del full de càlcul i també les dades que retorna al full de càlcul, és a dir la solució al model.

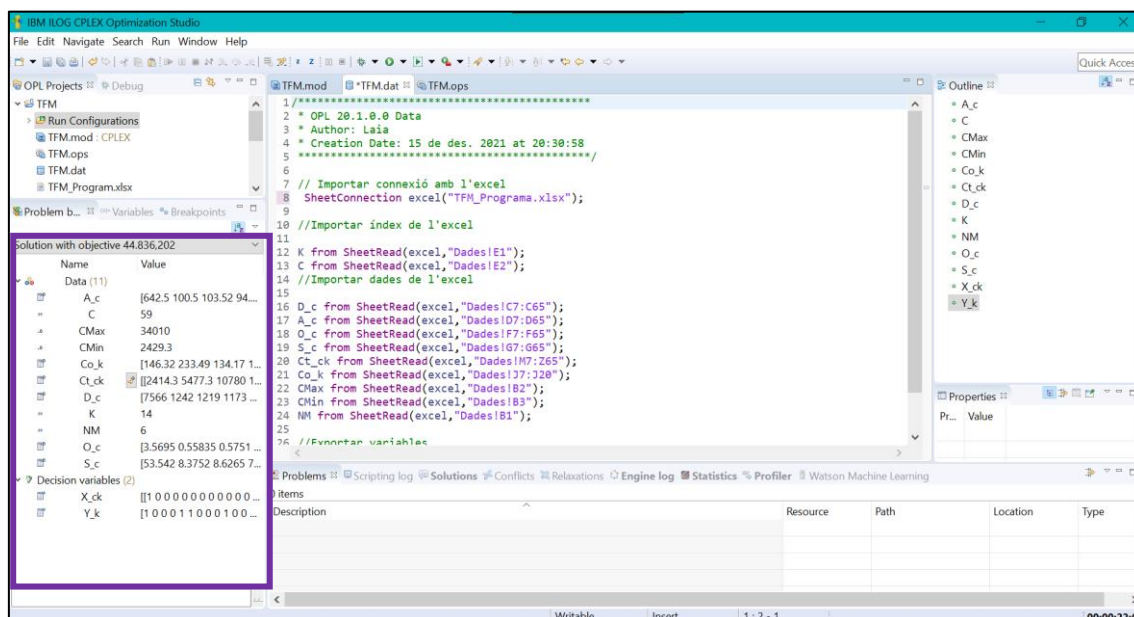


Figura 5. Pantalla de visualització de la solució del model

B.2. Dades base dels clients

A continuació es mostra totes les dades de partida relacionades amb els diferents clients.

Clients	Demanda	Àrea	Volum	Ocupació camió	Superfície d'ocupació
c=1..C	Dc (kg)	(m2)	(m3)	Oc (-)	So (m2)
1	7566	1542,01	321,25	3,57	53,54
2	1242	241,21	50,25	0,56	8,38
3	1219	248,44	51,76	0,58	8,63
4	1173	227,81	47,46	0,53	7,91
5	1094	222,97	46,45	0,52	7,74
6	995	193,24	40,26	0,45	6,71
7	965	196,67	40,97	0,46	6,83
8	930	180,61	37,63	0,42	6,27
9	871	177,52	36,98	0,41	6,16
10	736	142,94	29,78	0,33	4,96
11	724	147,56	30,74	0,34	5,12
12	716	139,05	28,97	0,32	4,83
13	653	133,09	27,73	0,31	4,62
14	591	114,78	23,91	0,27	3,99
15	582	118,62	24,71	0,27	4,12
16	564	109,53	22,82	0,25	3,80

17	563	114,74	23,90	0,27	3,98
18	561	108,95	22,70	0,25	3,78
19	506	103,13	21,48	0,24	3,58
20	488	94,77	19,74	0,22	3,29
21	488	99,46	20,72	0,23	3,45
22	470	91,28	19,02	0,21	3,17
23	460	93,75	19,53	0,22	3,26
24	438	85,06	17,72	0,20	2,95
25	438	89,27	18,60	0,21	3,10
26	429	83,32	17,36	0,19	2,89
27	428	87,23	18,17	0,20	3,03
28	427	82,93	17,28	0,19	2,88
29	414	84,38	17,58	0,20	2,93
30	413	80,21	16,71	0,19	2,78
31	367	74,80	15,58	0,17	2,60
32	354	72,15	15,03	0,17	2,51
33	333	64,67	13,47	0,15	2,25
34	317	64,61	13,46	0,15	2,24
35	301	58,46	12,18	0,14	2,03
36	284	57,88	12,06	0,13	2,01
37	273	55,64	11,59	0,13	1,93
38	265	51,47	10,72	0,12	1,79
39	255	51,97	10,83	0,12	1,80
40	252	48,94	10,20	0,11	1,70
41	239	48,71	10,15	0,11	1,69
42	236	45,83	9,55	0,11	1,59
43	228	46,47	9,68	0,11	1,61
44	227	44,09	9,18	0,10	1,53
45	212	43,21	9,00	0,10	1,50
46	211	40,98	8,54	0,09	1,42
47	211	43,00	8,96	0,10	1,49
48	206	40,01	8,33	0,09	1,39
49	205	41,78	8,70	0,10	1,45
50	198	38,45	8,01	0,09	1,34
51	197	40,15	8,36	0,09	1,39
52	195	37,87	7,89	0,09	1,31
53	191	38,93	8,11	0,09	1,35
54	188	38,32	7,98	0,09	1,33
55	187	36,32	7,57	0,08	1,26
56	185	37,70	7,86	0,09	1,31
57	184	35,73	7,44	0,08	1,24
58	183	37,30	7,77	0,09	1,30
59	182	35,35	7,36	0,08	1,23

Taula 4. Dades base per a cada client

B.3. Distància entre clients i magatzems

c	k	GB	DE	SK	IT	CZ	ES	AT	HU	FR	RO	PT	RS	NL	PL
	km	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gaydon	1	443	1005	1978	2015	1499	1871	1536	1924	988	2516	2204	2381	810	1650
Stuttgart	2	1472	347	976	1085	592	1760	565	922	751	1514	2093	1309	576	984
Bratislava	3	2115	748	273	1170	252	2490	288	251	1454	843	967	707	1173	620
MELFI	4	2634	748	1661	318	1575	2259	1162	1493	1541	2084	2680	1646	1857	1947
Praha	5	1812	421	602	1306	106	2214	375	575	1205	1167	2645	1031	846	502
Atessa	6	2453	1441	1480	259	1393	2160	980	1311	1359	1903	1724	1465	1675	1766
Villamuriel de Cerrato	7	2119	1910	2750	1902	2168	242	2149	2507	853	3099	495	2660	1596	2567
Prešov	8	2448	1009	176	1544	552	2843	685	343	1851	650	3265	800	1434	545
Graz	9	2026	774	533	942	447	2241	98	396	1349	988	973	713	1102	819
Rastatt	10	1378	371	1057	1091	655	1676	646	1003	667	1595	2009	1391	531	1048
Torino	11	1783	923	1308	697	1097	1476	808	1142	608	1731	1897	1293	1111	1506
Budapest	12	2277	944	224	1223	449	2522	423	58	1614	649	774	514	1369	816
Saint Berthevin	13	1220	466	1868	1671	1418	1173	1425	1814	481	2405	1507	2270	766	1781
Mlada Boleslav	14	1857	466	657	1372	90	2280	431	630	1271	1222	2613	1087	891	490
Mulhouse Cedex	15	1450	528	1214	956	811	1515	759	1159	506	1755	1780	1547	687	1204
Muggensturm	16	1387	371	1057	1090	655	1675	646	1003	666	1595	2008	1390	531	1048
Bucuresti	17	3105	1772	1045	2047	1276	3346	1250	786	2442	258	3767	538	2196	1644
Budapest	18	2277	944	224	1223	449	2522	423	58	1614	649	774	514	1369	816
Zavar	19	2166	806	224	1221	310	2542	339	223	1505	825	949	690	1230	533
Whitley	20	283	2166	2108	2026	1510	2000	1666	2054	1118	2646	2334	2510	797	1661
Vila Nova da Rainha	21	2702	2494	2191	2486	2752	639	2733	3091	1437	3682	119	3244	2180	3151
Zemun	22	2630	1297	570	1280	801	2579	666	311	1751	515	409	149	1722	1169
Marbella	23	2849	1558	2108	2386	2842	605	2660	2990	1583	3582	619	3144	2325	3235
Praha 9	24	1808	417	609	1320	97	2325	383	582	1219	1174	2658	1038	842	492
Bunschoten-Spakenburg	25	2929	488	1441	1620	928	1763	1021	1414	861	2006	2130	1871	18	1021
Ramnicu Valcea	26	2929	1595	869	1871	1100	3170	1074	610	2266	162	3591	460	2020	1468
Bucuresti	27	3105	1772	1045	2047	1276	3346	1250	786	2442	258	3767	538	2196	1644
Huelva	28	2817	2608	3236	2444	2965	615	2718	3049	1552	3641	348	3202	2294	3265
Linares	29	2562	2291	2911	2118	2575	302	2392	2723	1296	3315	3136	2877	2039	2968
Figueres	30	1907	1402	2022	1229	1686	739	1563	1834	626	2426	1210	1988	1378	2079
Praha	31	1812	421	602	1306	106	2214	375	575	1205	1167	2645	1031	846	502
Villeneuve D Ascq	32	843	629	1565	1568	1115	1487	1122	1511	585	2103	1820	1967	265	1249
Madrid	33	2276	2067	2760	1968	2325	9	2302	2573	1010	3164	2986	2726	1753	2724
Trnava	34	2166	805	228	1113	266	2541	338	237	1505	828	2845	693	1230	563
Bratislava	35	2115	748	273	1170	252	2490	288	251	1454	843	967	707	1173	620
Wolfsburg	36	1452	220	1049	1525	536	2118	816	1022	1215	1614	2451	1479	428	629
Mladá Boleslav	37	1857	466	657	1372	90	2280	431	630	1271	1222	1346	1087	891	490
Douai Cedex	38	848	655	1611	1559	1122	1460	1129	1557	558	2149	1793	2014	302	1227
Bratislava	39	2115	748	273	1170	252	2490	288	251	1454	843	967	707	1173	620
Lisboa	40	2736	2528	3225	2520	2786	628	2767	3125	1471	3716	153	3278	2214	1260
Kecskemét	41	2362	1029	302	1304	533	2603	507	43	1699	565	690	430	1454	2005

Esztergom	42	2267	933	187	1262	438	2561	412	116	1606	707	2983	572	1358	617
Madrid	43	2276	2067	2760	1968	2325	9	2302	2573	1010	3164	2986	2726	1753	2724
Praha 4 - Chodov	44	1836	429	594	1318	102	2226	367	566	1218	1158	2657	1023	854	499
Le Plessis Robinsson	45	1030	798	1605	1425	1155	1260	1163	1551	367	2143	2267	2008	500	1472
Pioltello	46	1871	821	1154	587	24	1599	654	985	763	1577	2020	1138	1052	1406
Warszawa	47	2186	862	555	1754	665	2852	882	907	1843	1099	3186	1364	1162	150
Sant Andreu de la Barca	48	2123	1544	2164	1371	1828	593	1705	1976	768	2568	1065	2130	1520	2221
Milano	49	1852	802	2159	579	976	1610	670	1001	764	1593	2002	1155	1034	2216
Wolfsburg	50	1452	220	1049	1525	536	2118	816	1022	1215	1614	2451	1479	428	629
Wilhelmshaven	51	1209	415	1307	1718	793	2047	1042	1280	1144	1872	2380	1736	308	886
Esztergom	52	2267	933	187	1262	438	2561	412	116	1606	707	2983	572	1358	617
Praha 4	53	1826	425	599	1308	102	2216	372	572	1207	1164	1288	1028	849	499
Beograd	54	2647	1314	588	1285	819	2584	671	328	1756	508	3005	140	1739	1186
Września	55	1927	603	693	1788	430	2671	975	1001	1633	1592	2927	1457	903	133
Dillenburg	56	1255	215	1161	1338	687	1871	719	1107	915	1699	1823	1563	323	935
Bremen	57	1369	324	1216	1666	703	2584	983	1189	1165	1781	2391	1646	345	796
BOLZANO	58	1893	735	945	647	667	1842	396	891	1013	1481	2263	1156	997	1218
Domnesti	59	2099	1766	1040	2041	1271	3341	1245	781	2436	254	393	533	2191	1638

Taula 5. Matriu de distàncies entre els clients i els diferents magatzems possibles

B.4. Representació de la solució model

Microsoft 3D Maps d'Excel permet la visualització geoespecial de dades. A partir de l'anàlisi de la solució obtinguda, tenint en compte les ciutats on s'ubiquen els clients i de quin magatzem reben la demanda, es pot obtenir el mapa seguint uns simples passos:

1. A Excel, seleccionar les dades que volem representar en el Mapa i clicar Inserta > Mapa 3D. En fer clic sobre aquesta pestanya, s'habilita automàticament el Mapa, que fa servir l'explorador Bing per geocodificar les dades en funció de les seves propietats geogràfiques.

Clients		
Ciutat	País	Categoria
Gaydon	GB	1
Stuttgart	DE	5
Bratislava	SK	10
MELFI	IT	10
Praha	CZ	5
Atessa Chieti	IT	10
Villamuriel de Cerrato	ES	6
Prešov	SK	10
Graz	AT	10

Magatzems	
País	Categoria
ES	6
GB	1
RO	10
CZ	5

Taula 6. Dades seleccionades per obtenir el mapa

2. Primer de tot, cal escollit quin Panell de capes es vol fer servir, que fa referència a l'estil de mapa en qüestió. En aquesta opció es pot triar un mapa per defecte o adjuntar una fotografia, pel que fa al mapa realitzat s'ha triat el que surt per defecte ja que és més realista.
3. Després cal indicar que representa cada columna de dades, tenint en compte la ciutat per ubicar el client, i la categoria per tal de pintar cada client del mateix color que el magatzem que rep. De la mateixa manera, es selecciona el país de localització dels magatzems i també la seva categoria.
4. Finalment, es creen els punts en el mapa, que es poden personalitzar. Per a diferenciar entre magatzems i clients, s'ha utilitzat dues formes i mides diferents, per tal d'identificar de manera clara què representa què.

Així doncs, seguint aquests passos s'obté el mapa següent, on es mostra la finestra que es visualitza durant la seva representació.

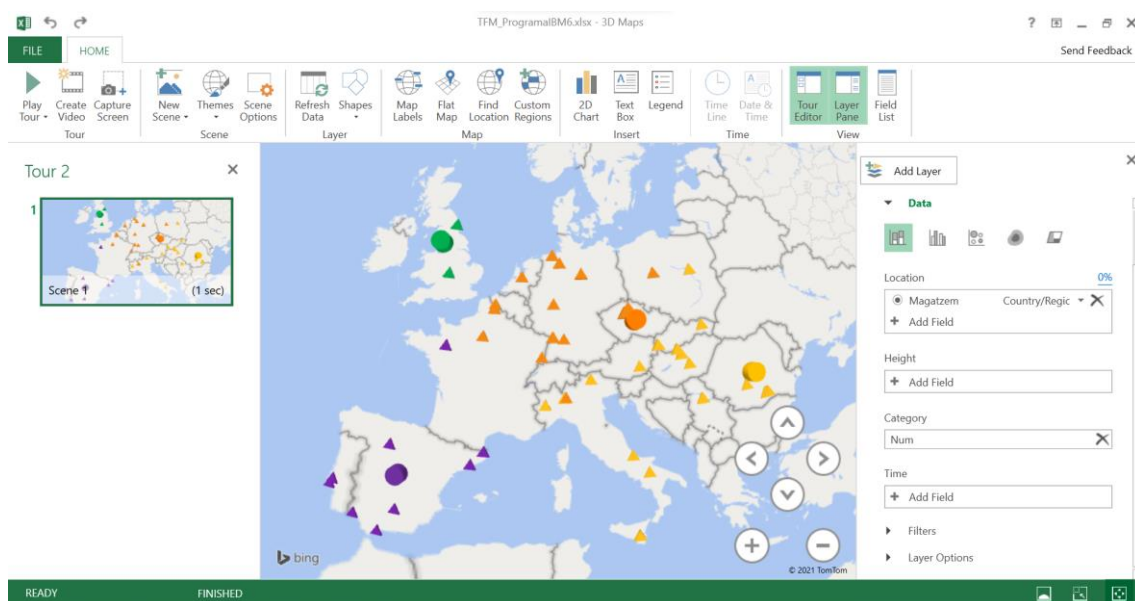


Figura 6. Pantalla de visualització del Microsoft 3D Maps