

İNSAN YOĞUNLUKLU TOPLU YAŞAM ORTAMLARINDA İÇ HAVA KALİTESİNİN ANALİZİ

Hüsamettin BULUT

ÖZET

Günümüzde insanlar zamanlarının büyük bir bölümünü iç ortamlarda geçirmektedirler. İç ortam havası, iç ve dış kaynaklı olarak bozulmaktadır. Kirletici düzeyleri belirlenenden yüksek olan iç ortamlarda bulunan insanlarda çeşitli sağlık sorunları görülmektedir. Bu nedenle iç ortam havasında bulunan partikül madde ve gaz kaynaklarını incelemek sağlık, iklimlendirme ve yaşam kalitesi açısından önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada, toplu yaşam mahallerinde iç hava kalitesi araştırılmıştır. Şanlıurfa Merkezde internet kafe, kafeterya, banka şubeleri, alışveriş merkezleri ve hastaneler gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu toplu yaşam ortamlarında iç hava kalitesi ölçümleri alınarak sonuçlar analiz edilmiştir. İç ve dış ortamda eş zamanlı olarak sıcaklık, bağıl nem, CO, CO₂ ve partikül madde (PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ ve toplam asılı PM) miktarları ölçülmüştür. Ölçüm parametreleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Yapı ve ortamdaki malzemelerinin, kişi sayısının ve yapının kullanım şeklinin iç ortam hava kalitesini etkilediği görülmüştür. İnsan yoğunluklu ortamlarda iç hava kalitesini bozan faktörlerin daha çok iç kirleticiler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ölçüm sonuçlarına göre iç hava kalitesinin artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İç Hava Kalitesi, Partikül Madde, CO₂, CO, Isıl Konfor.

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun temel gereksinimlerinden biri, yaşamını sağlıklı ve konforlu bir ortamda sürdürmesidir. Bu gereksinimini kapalı iç ortamlar olarak yapılar sunmaktadır. Ancak günümüzde yaşamlarının büyük bir bölümünü iç mekânlarda geçiren insanoğlunun, doğal dış çevreyle doğrudan bağlantısı kesilmiş olması ve iç ortamda doğrudan kirleticilere maruz kalması sağlık ve konfor açısından iç ortamda istenen şartlar yerine getirilememektedir. Bunun sonucunda doğrudan iç ortam ve havasının neden olduğu Kapalı Bina Sendromu, Hasta Bina Sendromu ve Bina Bağlantılı Hastalıklar olarak adlandırılan sağlık problemleri ve rahatsızlıkları ortaya çıkabilmektedir.

İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup karmaşık bir yapıya sahiptir. İç hava kalitesi havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen ısı olmayan tüm noktaları kapsar [1]. İnsanların içinde bulunduğu havadan farklı beklentileri olduğu ve farklı algılamalarından dolayı, iç hava kalitesi için kesin sınırlar çizmek veya tanımlamak zordur. Bundan dolayı, "kabul edilebilir iç hava kalitesi" terimi ortaya çıkmıştır. ASHRAE 62-1989, 2001 ve 2004 Standardında kabul edilebilir iç hava kalitesi "İçinde, bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır" olarak açıklanmaktadır [2, 3, 4].

İç hava kalitesini bozan kirleticiler iç ortam ve dış ortam kaynaklıdır. İç ortam kirlilik kaynaklarının başında insan gelmektedir. Bunun yanında iç ortamda bulunan halılar, mobilyalar, temizlik için kullanılan maddeler, sigara dumanı, soba dumanı ve çeşitli amaçlar için kullanılan alet ve cihazlar diğer iç kirleticilerdir. Ayrıca yapı malzemeleri de önemli iç kirletici olabilmekte ve iç hava kalitesine etki etmektedir. Dış ortam kirleticileri ise atmosfer havasındaki tozlar, polenler, araba egzozları ve endüstriyel kaynaklı havaya atılan kirleticiler olabilir. Dış ortam havasında bulunan kirleticiler, içeri verilen dış hava veya içeri sızan dış hava ile iç hava kalitesini olumsuz etkilerler.

Günümüzde iç kirlilik kaynaklarından dolayı iç ortamdaki kirlilik düzeyi ve dolayısıyla kötü hava kalitesi dış ortamdakinden fazla olmaktadır. Yaşanılan ortamlarda iyi bir iç hava kalitesi sağlanmadığında, iç ortamdaki kirlilik nedeniyle insanlarda fiziksel ve psikolojik çeşitli rahatsızlıklar görülmektedir. Dolayısıyla günümüzde insanlar, sağlık ve verimlilik üzerine etkisinden dolayı iç hava kalitesinin öneminin farkına giderek varmaktadırlar ve bu konuda önemli çalışmalar yapılmaktadır.

İç ortam hava kalitesinin tespiti ve kirleticilere yönelik alınacak tedbirler insan sağlığı açısından çok önemlidir. Bu çalışmanın amacı insan yoğunluğunun fazla olduğu toplu yaşam ortamlarında iç hava kalitesi ölçümleri olarak sonuçları analiz etmektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

İç ortamdaki sıcaklık (T), bağıl nem (BN), hava hızı, karbondioksit (CO₂), solunabilir asıllı partikül madde (PM), uçucu organik bileşikler (VOC), azot oksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), ozon (O₃), kükürtdioksit (SO₂), radon, formaldehitler (HCHO), bakteri sayısı gibi parametreler ölçülerek iç hava kalitesinin durumu ve değerlendirilmesi yapılmaktadır. Bu ölçüm parametreleri ile ilgili bilgiler literatürde mevcuttur [5-18]. Bu çalışmada, iç hava kalitesi parametreleri olarak, sıcaklık, bağıl nem, CO, CO₂ ve partikül madde (PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ ve Toplam asıllı PM-TSP) miktarları ölçülmüştür. Dış ortam havası için de aynı parametreler eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada, el tipi lazer Partikül Madde Ölçer (Met One Aerocet 531), CO₂ Ölçer (Kanomax 2221), Sıcaklık-Nem Ölçer (Impac Tastoherm-Hum RP 2 ve Kanomax 2221) cihazları kullanılmıştır. Kanomax 2221 iç hava kalitesi monitörünün CO₂ ölçüm aralığı 0-5000 ppm ve hassasiyeti ±1ppm'dir. İç hava kalitesi parametrelerine ait ölçümler kış mevsiminde farklı günlerde insan yoğunluğunun fazla olduğu zamanlarda alınmıştır. Şanlıurfa Merkezde, 2 internet kafe, 1 kafeterya, 2 banka şubesi, 2 alışveriş merkezi ve 2 özel hastanede ölçümler alınmıştır. Ölçüm alınan yerlere ait bazı görüntüler şekil 1'de verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi için, verilerin istatistiksel analizi MINITAB istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca ölçüm sonuçları uluslararası standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için parametreler arasındaki ilişkiyi ifade eden korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Korelasyon katsayısı iki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi gösterir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer alır. Bir değişken artarken diğeri azalıyorsa korelasyon katsayısı negatif, her ikisi de artıyorsa korelasyon katsayısı pozitif değer alır. İlişkinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı seçilen önem seviyesi (genellikle $\alpha=0,05$ seçilir) ile hesaplanan önem seviyesi (p değeri) karşılaştırılarak belirlenir. Eğer p değeri, $\alpha=0,05$ değerinden küçükse ilişki istatistiksel olarak önemlidir.

İç ve dış ortam hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişki, iç ve dış ortam konsantrasyon oranı (iç /dış) olarak hesaplanmıştır. Bu oran ile iç hava kalitesinin üzerinde iç veya dış kirleticilerin etkisi net olarak görülebilmektedir. İç hava kalitesini bozan iç kirleticiler dışa göre büyük olduğunda bu oran birden büyük çıkmaktadır. Bu çalışmada, iç/dış parametre oranları hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak analiz edilmiştir.



Banka 1



Banka 2



Hastane 1



Hastane 2



Alışveriş Merkezi 1



Alışveriş Merkezi 2



İnternet kafe



Merkezi kafeterya

Şekil 1. İç hava kalitesi ölçümlerinin alındığı mahallerden görüntüler.

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tablo 1'de kişi sayısının 5 ile 275 arasında olduğu insan yoğunluklu yerlerde alınan iç hava kalitesi ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerleri (ortalama, minimum, maksimum, standart sapma) verilmiştir. Tablodan ölçüm değerlerinin mahale göre birbirinden farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durum mahalin özelliği, kullanım amacı, iç ortamdaki malzemeler ve farklı zamanlarda ölçüm alınmasından kaynaklanmaktadır. Tablo dikkatlice incelendiğinde mahallerdeki iç hava kalitesinin çok iyi olmadığı görülmektedir. Tablo değerlerinden iç ortamdaki hava kalitesi değerleri dışa göre daha olumsuz oldukları belirlenmiştir. Tablo 2'de tüm mahallerde iç ortam için alınan ölçüm değerleri istatistiksel olarak özetlenmiştir. Tablodan iç hava kalitesi ölçüm değerlerinin uluslararası standartlarda verilen sınır değerlere uymadıkları görülmektedir. Özellikle partikül madde miktarları sınır değerlerin (Kanada: PM_{2.5} < 40 µg/m³, ABD ASHRAE: PM₁₀ < 75 µg/m³, Avrupa Birliği: PM₁₀ < 35 µg/m³, Avrupa Birliği:

PM2.5 <25 µg/m³, Çin: PM10< 150 µg/m³) çok üstündedir. Bağıl nem konfor açısından düşük değerlerde kalmaktadır. Bağıl nemin düşük değerlerde kalması bölge olarak kuru bir bölge olmasından ve ortam iklimlendirilmesinde nemlendirme işleminin yapılmamasından kaynaklanmaktadır. İnsan yoğunluğunun fazla olması ve yeterince havalandırma yapılmaması CO₂ miktarının artmasında rol oynamıştır. Ayrıca şehir merkezinde ölçümlerin alınmasına rağmen, CO miktarı düşük kalmış ve Avrupa Birliği sınır değer olarak 10 mg/m³ (8.73 ppm) değerini geçmemiştir. Sıcaklık değerlerinin düşük kalması ise ölçümlerin dışa açılan yerlere yakın olması ve yeterince ısıtmanın yapılmadığından dolayıdır.

Tablo 1. Ölçüm alınan ofislerde iç hava kalitesi parametrelerinin istatistiksel değerleri

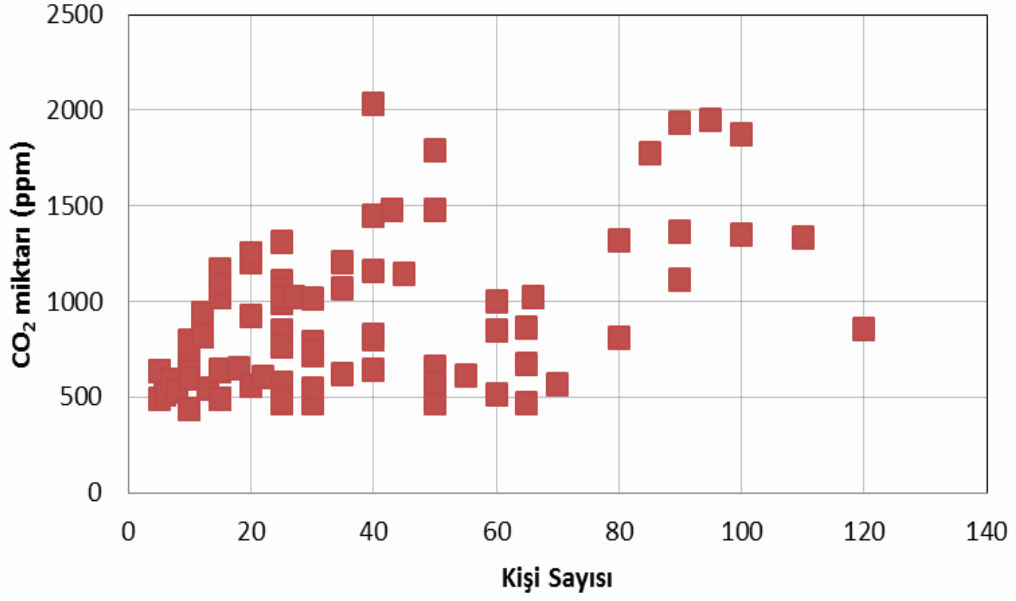
Mahal	İstatistik	Ortam	Partikül Madde (µg/m ³)					Sıcaklık (°C)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	Bağıl Nem (%)	
			PM1	PM2.5	PM7	PM10	TSP					
Banka 1	Ortalama	İç	8	105	212	262	327	18.2	1.3	1206	36.8	
		Dış	6	89	240	303	385	13.8	2.6	433	35.8	
	Minimum	İç	3	28	61	75	91	11.4	0.3	648	21.9	
		Dış	1	22	37	41	46	7.6	0.6	385	16.6	
	Maksimum	İç	25	614	1203	1395	1602	24.1	3.0	1792	57.8	
		Dış	12	524	1733	2052	2411	20.1	5.9	522	68.1	
	Standart Sapma	İç	8	180	350	401	453	4.2	0.7	337	10.7	
		Dış	4	154	525	616	715	3.3	1.5	42	15.0	
	Banka 2	Ortalama	İç	7	110	273	359	481	17.7	1.5	1080	34.5
			Dış	9	98	284	412	609	15.5	2.8	482	31.6
Minimum		İç	1	37	94	133	182	13.0	0.3	644	17.2	
		Dış	2	11	39	81	95	7.8	0.5	405	16.1	
Maksimum		İç	18	450	1088	1311	1568	21.4	3.3	2030	56.3	
		Dış	22	476	1012	1303	1681	18.7	4.5	644	55.2	
Standart Sapma		İç	5	124	298	355	422	2.2	1.1	385	11.3	
		Dış	6	139	287	370	508	3.1	1.3	70	12.3	
Alışveriş Merkezi 1		Ortalama	İç	7	103	218	282	355	17.7	1.8	975	36.5
			Dış	8	100	188	216	266	13.6	1.9	442	38.3
	Minimum	İç	3	31	60	76	93	15.0	0.7	743	17.3	
		Dış	2	15	27	30	109	7.8	1.0	395	15.7	
	Maksimum	İç	15	485	933	1119	1323	20.5	3.2	1587	54.3	
		Dış	15	391	788	886	968	17.0	2.9	543	72.3	
	Standart Sapma	İç	4	133	246	295	346	1.5	0.7	225	10.6	
		Dış	5	116	224	250	259	2.6	0.6	40	16.1	
	Alışveriş Merkezi 2	Ortalama	İç	10	109	191	227	269	12.8	1.6	627	44.3
			Dış	14	127	247	307	376	11.5	2.7	441	42.0
Minimum		İç	3	22	37	58	85	6.3	0.3	439	25.4	
		Dış	1	21	47	52	56	3.6	1.1	382	24.6	
Maksimum		İç	22	580	978	1067	1153	19.5	4.1	849	65.6	
		Dış	38	492	1012	1179	1314	16.0	5.4	496	70.0	
Standart Sapma		İç	6	168	281	301	320	3.2	1.1	140	11.7	
		Dış	13	154	309	355	393	3.8	1.5	41	12.1	
İnternet Kafe 1		Ortalama	İç	38	290	487	558	630	15.1	2.5	886	48.0
			Dış	14	127	247	307	376	11.5	2.7	441	42.0
	Minimum	İç	6	21	107	128	153	10.1	0.4	490	30.2	
		Dış	1	21	47	52	56	3.6	1.1	382	24.6	
	Maksimum	İç	84	1327	2221	2506	2808	19.3	5.2	1206	68.6	
		Dış	38	492	1012	1179	1314	16.0	5.4	496	70.0	
	Standart Sapma	İç	30	373	620	696	778	2.6	1.7	259	9.9	
		Dış	13	154	309	355	393	3.8	1.5	41	12.1	
	İnternet Kafe 2	Ortalama	İç	17	207	238	294	358	17.1	2.0	811	36.7
			Dış	14	121	239	295	369	12.4	2.6	421	38.9
Minimum		İç	4	33	58	72	87	14.1	0.5	489	24.4	

	Maksimum	Dış	1	7	43	48	51	3.9	1.2	207	23.7	
		İç	47	840	1114	1228	1355	20.0	5.2	1253	49.6	
	Standart Sapma	Dış	31	642	1288	1427	1520	18.4	6.2	507	61.0	
		İç	12	277	311	336	365	2.0	1.6	259	7.7	
Merkezi Kafeterya	Ortalama	İç	1	9	18	63	38	15.3	0.6	628	23.3	
		Dış	1	9	13	17	22	12.5	0.8	422	33.0	
	Minimum	İç	0	6	11	18	32	13.3	0.0	468	18.7	
		Dış	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0.0	
	Maksimum	İç	3	19	30	290	61	21.1	1.7	963	36.7	
		Dış	5	17	27	37	50	17.0	1.6	590	41.4	
	Standart Sapma	İç	1	5	8	106	10	2.8	0.6	186	7.0	
		Dış	2	6	10	13	18	3.8	0.7	92	8.4	
	Hastane 1	Ortalama	İç	25	125	302	409	560	15.3	1.7	632	32.2
			Dış	13	115	257	311	385	13.3	2.6	423	34.8
Minimum		İç	3	52	146	236	355	10.3	0.7	469	18.1	
		Dış	3	22	49	80	124	4.2	0.5	403	16.3	
Maksimum		İç	90	439	1038	1269	1571	17.7	3.5	1012	52.6	
		Dış	40	453	1053	1171	1277	16.8	7.1	462	69.0	
Standart Sapma		İç	34	121	271	309	366	2.3	0.9	174	10.6	
		Dış	12	123	288	313	334	3.6	1.7	21	15.8	
Hastane 2	Ortalama	İç	6	80	239	353	482	19.6	1.1	1076	30.8	
		Dış	4	72	158	198	256	14.6	2.2	441	29.8	
	Minimum	İç	2	31	66	110	172	11.9	0.2	471	14.2	
		Dış	1	11	16	16	35	5.6	1.3	416	16.7	
	Maksimum	İç	30	215	585	824	1257	25.4	2.4	1951	52.5	
		Dış	8	353	708	780	849	17.6	3.3	485	57.1	
	Standart Sapma	İç	6	51	157	213	303	2.8	0.6	512	9.9	
		Dış	3	102	204	221	239	3.3	0.5	21	12.7	

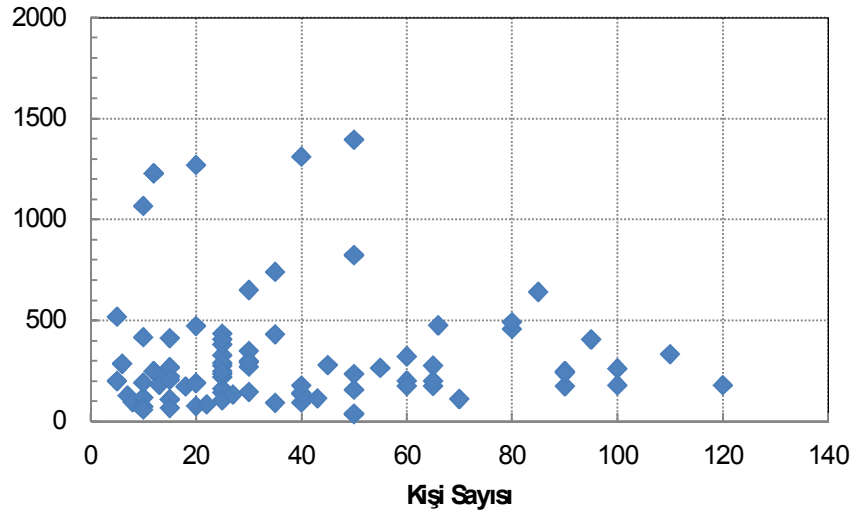
Tablo 2. Tüm mahallerde alınan iç ortam ölçüm sonuçlarının istatistiksel özeti

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
Kişi sayısı	43	45	5	275
PM1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	19	0	90
PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	137	206	6	1327
PM7 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	253	323	11	2221
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	328	366	18	2506
TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	414	425	32	2808
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	17.0	3.3	6.3	25.4
CO (ppm)	1.6	1.2	0.0	5.2
CO ₂ (ppm)	900	376	439	2030
Bağıl Nem (%)	36.2	11.1	14.2	68.6

Şekil 2'de kişi sayısına göre iç ortam CO₂ miktarının değişimi gösterilmiştir. Şekilden CO₂ miktarının kişi sayısı arttıkça arttığı ve ASHRAE sınır değeri olan 1000 ppm yaklaştığı veya geçtiği görülmektedir. Şekil 3'te ise kişi sayısına göre iç ortam PM10 miktarının değişimi gösterilmektedir. Kişi sayısı ile PM10 miktarının arttığı görülmüştür. Ayrıca PM10 miktarının Avrupa Birliği sınır değeri olan 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den büyük olduğu görülmektedir.

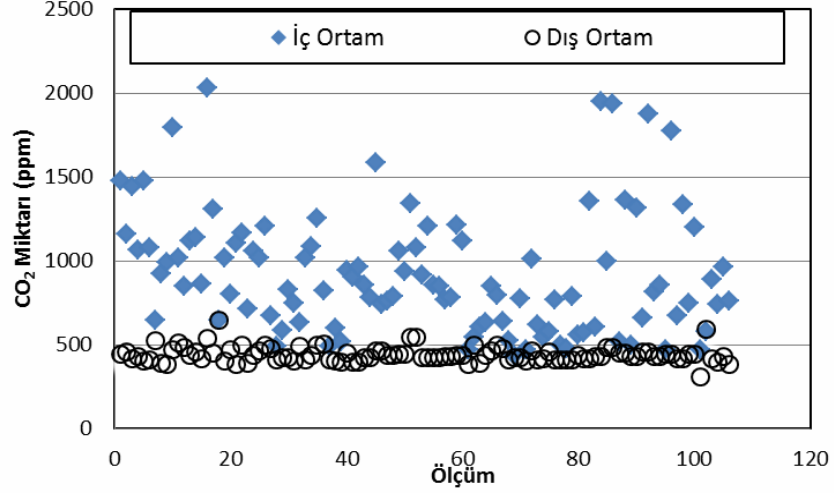


Şekil 2. İç ortam CO₂ miktarının kişi sayısına göre değişimi



Şekil 3. İç ortam PM10 partikül maddenin kişi sayısına göre değişimi

İç ortam ve dış ortamdaki CO₂ miktarının değişimi şekil 4'te gösterilmiştir. Şekilden dış ortamdaki CO₂ miktarının 500 ppm'in altında olduğu ve fazla değişmediği görülmektedir. İç ortamdaki CO₂ miktarı ise değişkenlik göstermekte ve ASHRAE sınır değeri olan 1000 ppm değerini çoğu kez geçmektedir.



Şekil 4. İç ve dış ortamdaki CO₂ miktarının değişimi

Tablo 3'te iç ortamda alınan ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiyi veren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri verilmiştir. Çizelgede üstteki birinci hücrede korelasyon katsayısı, alttaki hücrede ise önem seviyesi verilmiştir. Çizelgede $\alpha = 0.05$ önem seviyesine göre anlamlı olan sonuçlar koyu olarak işaretlenmiştir. Örneğin kişi sayısı ve CO₂ miktarı için korelasyon katsayısı 0.255, önem seviyesi $p=0.012$ 'dir. Bu durum parametreler arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermekte ve $p=0.012$, seçilen $\alpha = 0.05$ 'den küçük olduğundan sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır. Tablodan görüleceği kişi sayısı ile PM1, sıcaklık, CO, CO₂ ve bağıl nem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki mevcuttur. Tabloda görülen değişik çaplardaki partikül maddeler arasındaki korelasyon ise beklenen sonuçtur. Ayrıca iç ortamdaki bağıl nem ile PM değerleri arasında anlamlı korelasyon bulunmaktadır.

Tablo 3. İç ortamda alınan ölçüm parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri

Parametre	Kişi sayısı	PM1	PM2.5	PM7	Pm10	TSP	Sıcaklık	CO	CO ₂
PM1	-0.252								
	0.013								
PM2.5	-0.186	0.268							
	0.069	0.008							
PM7	-0.14	0.187	0.818						
	0.172	0.069	0						
PM10	-0.084	0.156	0.783	0.989					
	0.417	0.13	0	0					
TSP	-0.109	0.135	0.739	0.968	0.986				
	0.291	0.19	0	0	0				
Sıcaklık	0.32	-0.087	0.022	-0.024	0.012	0.026			
	0.001	0.399	0.83	0.817	0.911	0.799			
CO	-0.267	0.623	0.19	0.144	0.125	0.112	0.039		
	0.009	0	0.063	0.162	0.225	0.277	0.709		
CO ₂	0.255	0.027	0.122	0.063	0.081	0.068	0.464	-0.05	
	0.012	0.797	0.236	0.544	0.431	0.51	0	0.626	
Bağıl Nem	-0.218	0.035	0.278	0.345	0.311	0.28	-0.279	-0.059	-0.001
	0.033	0.732	0.006	0.001	0.002	0.006	0.006	0.565	0.99

Tablo 4'te iç/dış ortam hava kalitesi parametrelerinin birbirine olan oranlarına ait istatistiksel değerler verilmiştir. tablodan iç/dış parametre oranlarına bakıldığında CO miktarı hariç genellikle birden büyük olduğu görülmektedir. İç/dış parametre oranının 1'den büyük olması, mahaldeki iç kirletici kaynaklarının etkisini göstermektedir. Özellikle iç/dış PM oranlarının çok büyük değerlerde olması iç havanın partikül madde miktarı açısından çok kirli olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. İç/dış parametre oranlarının istatistiksel değerleri

Mahal	İstatistik	PM1	PM2.5	PM7	PM10	TSP	Sıcaklık	CO	CO ₂	Bağıl Nem
Banka 1	Ortalama	1.7	1.2	1.4	1.3	1.3	1.3	0.6	2.8	1.1
	Minimum	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	1.1	0.3	1.2	0.6
	Maksimum	3.0	2.0	2.2	2.3	2.7	1.8	0.9	3.8	1.3
Banka 2	Ortalama	1.3	1.9	1.2	1.0	0.9	1.2	0.6	2.3	1.1
	Minimum	0.1	0.6	0.5	0.6	0.5	1.0	0.1	1.0	1.0
	Maksimum	3.0	5.4	2.6	2.0	2.3	1.7	1.0	3.8	1.6
İnternet Kafe 1	Ortalama	5.1	3.1	2.8	2.4	2.2	1.5	0.9	2.0	1.2
	Minimum	1.1	0.9	0.7	0.7	0.6	1.0	0.2	1.2	0.8
	Maksimum	26.4	6.0	5.4	5.5	4.7	2.8	1.5	2.9	1.6
İnternet Kafe 2	Ortalama	2.6	3.3	1.3	1.3	1.3	1.7	0.7	2.1	1.0
	Minimum	0.2	0.6	0.7	0.6	0.5	1.0	0.4	1.2	0.8
	Maksimum	14.6	12.1	2.4	2.3	3.0	3.8	0.9	4.9	1.3
Merkezi Kafeterya	Ortalama	1.0	1.7	2.6	12.0	4.1	1.5	1.0	1.8	0.8
	Minimum	1.0	0.6	0.7	0.8	1.2	1.1	1.0	1.0	0.7
	Maksimum	1.0	2.7	5.3	58.0	9.8	2.1	1.0	2.2	1.0
Alışveriş Merkezi 1	Ortalama	1.2	1.5	1.9	2.3	1.6	1.4	1.0	2.2	1.0
	Minimum	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	1.1	0.2	1.6	0.6
	Maksimum	2.3	5.4	8.9	9.6	4.6	2.5	1.7	3.4	1.9
Alışveriş Merkezi 2	Ortalama	1.9	1.0	0.9	0.9	0.9	1.2	0.6	1.4	1.1
	Minimum	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	0.1	1.0	0.7
	Maksimum	11.4	2.0	1.9	1.7	1.8	2.1	0.8	1.8	1.6
Hastane 1	Ortalama	2.8	1.3	1.7	1.7	1.9	1.2	0.8	1.5	1.0
	Minimum	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	1.0	0.3	1.2	0.8
	Maksimum	18.0	2.5	4.5	3.3	3.8	2.5	1.4	2.2	1.3
Hastane 2	Ortalama	3.3	1.9	2.9	3.4	3.1	1.5	0.5	2.4	1.1
	Minimum	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	1.0	0.1	1.1	0.8
	Maksimum	30.0	4.1	8.8	11.2	10.2	4.5	1.0	4.5	2.6

SONUÇ

İnternet kafe, banka şubeleri, alışveriş merkezleri ve hastaneler gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu toplu yaşam ortamlarında iç hava kalitesi ölçümleri alınarak sonuçlar analiz edilmiştir. İç ortam hava kalitesi üzerinde, yapı ve ortamdaki malzemelerin, kişi sayısının ve yapının kullanım şeklinin etkili olduğu görülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre insan yoğunluklu ortamlarda iç hava kalitesini bozan faktörlerin daha çok iç kirleticiler olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde partikül madde miktarlarının uluslararası standartlarda belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ölçülen CO₂ miktarının ise kabul edilebilir iç hava kalitesi için ASHRAE tarafından önerilen 1000 ppm değerini zaman zaman aştığı ve insan sayısına bağlı olduğu görülmüştür. İç hava sıcaklığı ve bağıl nemin konfor şartları için belirlenen değerlerden genelde daha düşük olduğu gözlenmiştir.

İyi bir iç hava kalitesi oluşturmak için insan yoğunluklu mahallerde kontrollü havalandırma ve iklimlendirilme yapılmalıdır. En az enerji harcanarak ısıl konfor ve iç hava kalitesi, CO₂ ölçümüne göre çalışan ihtiyaca dayalı havalandırma sistemleri kullanılarak sağlanabilir. İç kirleticilerin konsantrasyon

değerleri, dışardan temiz hava verilerek ve kirlenen iç hava dışarı egzoz edilerek düşürülebilir. Havalandırma sisteminde temiz hava ve atık hava kanalları olmalıdır. Dış hava kalitesi istenen değerlerde değilse çeşitli filtrelerden geçirilmesi gerekir. Enerji tasarrufu ve verimliliği açısından atık havanın enerjisinden ısı geri kazanım cihazları kullanılarak yararlanmalıdır.

Enerji tasarrufu ve sağlıklı ortamlar için çalışanların iç hava kalitesi ile ilgili bilgilendirilmesi gerekir. İnsan yoğunluklu mahallerde kirlenici kaynağı olabilecek halı ve mobilyadan kaçınılmalıdır. Fotokopi ve yazıcı gibi özel amaçlı makine veya cihazlar için ayrı ortamlar olmalıdır. İnsan hareketliliğinden dolayı tekrar ortamda uçmaması için yere çökelmiş tozların alınması açısından mahalde bulunan yerler sürekli temizlenmelidir. Merkezi havalandırma sistemlerinin olmadığı yerlerde kirli havanın aspiratörlerle dışarı atılması gerekir. Eğer mahallerde havalandırma ve iklimlendirme cihaz veya sistemleri varsa bakımlarının periyodik olarak yapılması gerekir. Çünkü bakımı yapılmayan sistemler iç hava kalitesi açısından kirlilik kaynağı olabilmektedirler. Özellikle filtrelerin bakımı veya değişimi bu tür sistemlerde aksatılmamalıdır.

Sonuç olarak, sağlıklı ve verimli bir yaşam için soluduğumuz havanın temiz olması yani kabul edilebilir iç hava kalitesinin sağlanması gerekir. Bunun için yeterli miktarda temiz havanın verilmesi, kirlenici kontrol edilmesi ve ısıl konforun sağlanması gerekmektedir. Bunun için iç hava kalitesinin izlenip kontrol edilmesi gerekir. Ayrıca Türkiye için farklı amaçlar için kullanılan kapalı ortamlar için iç hava kalitesi ile ilgili standartların ortaya konulması ve uygulanması gerekir.

TEŞEKKÜR

Ölçümleri alan Makine Mühendisleri Nurullah Suna ve Müslim Aydın'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] SCHRAMEK, E., "Recknagel-Sprenger Schramek- Isıtma ve Klima Tekniği El Kitabı", TTMD, Ankara. 1999.
- [2] ASHRAE, "Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta,1989.
- [3] ASHRAE, "Standard 62- 2001- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.
- [4] ASHRAE, "Standard 62.1-2007 user's manual", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2007.
- [5] BAS, E., "Indoor Air Quality-A Guide for Facility Managers", The Fairmont Pres, Lilburn, Georgia, 2004.
- [6] BULUT, H., Isıtma sezonunda ofislerde iç hava kalitesinin araştırılması, İklim 2007- II. Ulusal İklimlendirme Kongresi Bildiriler Kitabı, 285-295, Antalya, 2007.
- [7] BULUT, H., Konutlarda iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçlarının analizi, Teskon 2007 VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 415-427, İzmir, 2007.
- [8] KUŞ, M., OKUYAN, C., BULUT, H., BULGURCU, H., Üniversite dersliklerinde iç hava kalitesinin değerlendirilmesi, 8. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu / 8. International HVAC +R Technology Symposium, 223-237, İstanbul, 2008.
- [9] GÜLLÜ, G., MENTEŞE, S., İç Ortam Havasında Biyoaerosol Düzeyleri, Teskon 2007 VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 359-365, İzmir, 2007.
- [10] VAİZOĞLU, S., Bazı Kapalı Ortamlarda Formaldehit Etkilenimi, Teskon 2007 VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 369-381, İzmir, 2007.
- [11] ÇELEBİ N, Konutlarda radon konsantrasyon değerlerinin yapı biyolojisi açısından incelenmesi, Teskon 2007 VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 397-402, İzmir, 2007.
- [12] KAPKIN, Ş., UZAL, E., Kapalı ortamlardaki hava kalitesini etkileyen parametreler ve toplu taşımada iç hava kalitesinin bilgisayar destekli analizi, İklim 2005-Ulusal İklimlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Antalya MMO Yayın No: E/2005/387, 171-178, Antalya, 2005.

- [13] ALYÜZ, B., VELİ, S., İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 109-116, 2006.
- [14] GÖNÜLLÜ, M.T., BAYHAN, H., AVŞAR, Y., ARSLANKAYA, E., YTÜ Şevket Sabancı Kütüphane binası iç ortam havasındaki partiküllerin incelenmesi, Harran Üniversitesi 4.GAP Mühendislik Kongresi (Uluslararası Katılımlı) Bildiriler Kitabı, 1384- 1389, Şanlıurfa, 2002.
- [15] BULGURCU, H., İLTEN, N., COŞGUN, A., Okullarda iç hava Kalitesi problemleri ve çözümler, VII. Ulusal Tesisat Kongresi Bildiriler Kitabı, 601-615, İzmir, 2005.
- [16] EVCİ, D., VAİZOĞLU, S., ÖZDEMİR, M., AYCAN, S., GÜLER, Ç., Ankara'da 46 kahvehanede formaldehit düzeylerinin belirlenmesi, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4(3), 129-135, 2005.
- [17] ÇOŞGUN, A., MUTLU, İ.B., YÜCETÜRK, G., Okullarında iç hava kalitesinin incelenmesi, İklim 2005-Ulusal İklimlendirme Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Antalya MMO Yayın No: E/2005/387, 244-251, Antalya, 2005.
- [18] KESKİN, Y., ÖZYARAL, O., BAŞKAYA, R., LÜLEÇİ, N.E., AVCI, S., ACAR, M.S., ASLAN, H., HAYRAN, O., Bir lise binası kapalı alan atmosferine ait mikrobiyolojik içeriğin hasta bina sendromu açısından öğretmen ve öğrenciler üzerindeki etkileri, Astım Allerji İmmünoloji, 3(3), 116-130, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

Hüsamettin BULUT

1971 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Batman'da tamamladı. 1993 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalında 1996 yılında Yüksek Lisansını, 2001 yılında Doktorasını ise tamamladı. 1993-1998 yılları arasında Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde, 1998-2001 yılları arasında ise Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde 2003-2005 yıllarında Yardımcı Doçent olarak görev yaptı. 25.11.2005 tarihinde Doçent oldu. Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde 2003-2004 yıllarında Bölüm Başkanlığı, 2004-2008 yılları arası ise Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini sürdürdü. Halen Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde Prof. Dr. olarak çalışmaktadır. Çalışma alanları iklim verileri ve enerji analizi, güneş enerjisi ve uygulamaları, ısıtma-soğutma ve iklimlendirme sistemleri ve uygulamaları, iç hava kalitesi ve enerji verimliliği ve tasarrufudur. TTMD ve MMO üyesidir.