

Дархан хотын айл өрхийн доторх орчны тоосонцрын агууламжийг тодорхойлсон үр дүн

Ж.Нямдорж¹, М.Болор², Э.Маралмаа², М.Еркебулан³, Х.Сэр-Од³, С.Мягмарчулуун¹, Ш.Шатар^{3*},
Д.Гантуяа³, Грегори Грэй⁴, Жунфэнг Жанг⁵, Д.Өлзиймаа⁶, Б.Дамдиндорж⁶, Н.Хүрэлбаатар⁶, Д.Даваалхам^{2,7}

¹АШУҮИС, НЭМС, Орчны эрүүл мэндийн тэнхим

²Монголын хүрээлэн буй орчин, хөдөлмөрийн эрүүл мэндийн төв

³АШУҮИС, НЭМС, Эпидемиологи Биостатистикийн тэнхим

⁴Техасын Их Сургууль

⁵Дюкийн Их Сургууль

⁶АШУҮИС

⁷АШУҮИС, Нийгмийн Эрүүл Мэндийн сургууль

Цахим шуудан: Nyuntanmaa050@gmail.com, Утас: 94233148

Түлхүүр үг:

Тоосонцор
Агаарын бохирдол
Түүхий нүүрс
Сууц

Товч утга:

Үндэслэл: 2018 онд дэлхийн өвчний дарамт, осол ба эрсдэлт хүчин зүйлийн судалгаагаар 2017 онд 1.6 сая хүн айл өрхийн доторх орчны агаарын бохирдолтой холбоотой нас барсан хэмээн мэдээллэсэн. Доторх орчны агаарын чанар муу байх нь амьсгалын замын өвчин, зүрх судасны өвчлөл зэрэг эрүүл мэндийн хүндрэл үүсгэхээс гадна астма болон харшлын өвчтэй хүмүүст илүү сөргөөр нөлөөлж байгааг онцолсон. 2019 онд хийгдсэн судалгаагаар 2.5 микрометр ба түүнээс бага диаметртэй тоосонцор болох PM2.5-д удаан хугацаанд өртөх нь дундаж наслалтыг 1.8 жилээр бууруулж байна гэж тооцоолсон ба энэ нь агаарын бохирдолтой бүс нутагт өндөр байгааг тогтоосон. Мөн

Миллер нарын (2007) судалгаагаар PM2.5-д удаан хугацаагаар өртөх нь зүрх судасны өвчин, энэ нь эмэгтэйчүүдэд зонхилон тохиолдож байгааг тогтоосон байна. Доторх орчны PM2.5-ын агууламжийг тодорхойлохын тулд шууд хэмжилтийн төхөөрөмжүүдийг ашиглах нь агаарын бохирдуулагч бодисын тархалт, ялгарлын эх үүсвэрийг тодорхойлох, нөлөөллийн хувьд цаг хугацааны өөрчлөлтийг хянахад онцгой үр дүнтэй байдаг. Судалгаануудаас үзэхэд шууд хэмжилт нь орон нутгийн нөхцөл байдалд тохирсон, шаардлагатай нарийвчилсан мэдээллийг өгдөг ба хямд бөгөөд үр дүнтэй арга юм. Судалгааны ач холбогдол нь Дархан хотын сууцны дотор орчны агаарын бохирдлыг бодит цагийн хэмжилтээр үнэлж, бохирдуулагч бодисын тархалт, эрсдэл, эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийг нарийвчлан судлах юм. **Зорилго:** Дархан хотын өвлийн улиралд гэр, байшин, сууцны доторх орчны агаарын чанарыг Purple Air багажаар үнэлэх. **Арга, аргачлал:** Судалгааг нэг агшны загвараар хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны түүврийг зорилтот түүврийн аргаар Дархан хотын 128 айл өрхүүдийг судалгаанд хамруулав. Судалгаанд хамрагдсан айл өрхийн зуухны төрөл, хэрэглэж буй нүүрсний төрөл, айл өрхийн жилийн болон хоногийн нүүрсний хэрэглээ, галлагааны давтамж, зуух яндангийн битүүмжийн байдал зэрэг үзүүлэлтээр судлав. Судалгааны мэдээлэл цуглуулахад судалгаанд оролцогч айл өрхөд доторх агаарын чанарын шууд хэмжилтийн Purple-Air багаж байршуулах ба сарын дараа уг багажийг авах үед асуумжийн хуудас бөглүүлэх, доторх орчны Purple-Air багажийн 1 сарын хэмжилтийн үзүүлэлтүүдийг судалгааны мэдээ мэдээлэл болгон ашигласан. Асуумж нь Судалгаанд оролцогчоос хүн ам зүй, доторх орчныагаарт нөлөө үзүүлэх эрсдэлт хүчин зүйлийг багаж байршуулах үеийн 55 асуулт бүхий 7 хуудас асуумж, багаж авах үеийн 25 асуулт бүхий 3 хуудас мэдээллийг багтаасан. Үр дүнг “SPSS 25.0” программ ашиглан боловсруулалтыг хийж гүйцэтгэсэн. **Үр дүн:** Судалгаанд нийт Дархан хотод байршилтай 128 өрх хамрагдсан. Дархан хотын айл өрхүүдийн одоогийн сууцандаа амьдарч буй дундаж хугацаа нь 9.5 жил нь статистик ач холбогдол бүхий ялгаагүй гарсан. Сууцны төрлөөр ангилж үзэхэд монгол гэрт 40.6%, байшинд 39.1%, орон сууцанд 20.3% байсан. Дархан хотын айл өрхүүдийн 24 цагийн дундаж PM2.5-ын агууламж гэрт хамгийн их (70.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), байшинд (46.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), орон сууцанд (22.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) байсан нь ач холбогдол бүхий ялгаатай байсан ($p=0.0001$). Гэрийн доторх орчны PM2.5-ын агууламж хамгийн их хувьсаж байгаа бөгөөд үүний дараа байшин, орон сууц байна. Орон сууцанд амьдардаг төвлөрсөн халаалттай айл өрхүүдэд PM2.5-ын агууламж 24 цагийн дундаж 22.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ байсан бол халаалтын гол эх үүсвэр нь зууханд суурилдаг гэр, байшинтай айл өрхүүдтэй харьцуулахад 59.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ байна. Энэ нь статистик ач холбогдол бүхий ялгаатай байсан ($p=0.0001$). Харин, сайжруулсан зуух нь уламжлалт зуухтай харьцуулахад статистик ач холбогдол бүхий ялгаа байсангүй. Дархан хотын судалгаанд оролцогчдын нийт 21.4% нь гэр бүлийн хэн нэгэн нь гэр дотор тамхи татдаг гэж хариулсан. Мөн 86.5% нь тогтмол арц, лаа, хүж, зул, ганга асаадаг бол 99.2% нь гэртээ агаар цэвэршүүлэгч хэрэглэдэггүй байв. **Дүгнэлт:** Дархан хотын суурьшлын гэр, байшин доторх орчны тоосонцрын агууламж 59.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ байсан ба ашиглаж буй зуухны төрлөөр ялгаатай, яндангийн битүүмж алдагдаж, зай завсар, цоорхой гарсан тохиолдол их байгаа нь доторх орчны агаарт бохирдуулагч бодис илүү тархах нөхцлийн бүрдүүлж байна.

Үндэслэл: Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллагын (ДЭМБ) мэдээлсэнээр 3 тэрбум орчим хүн ил гал гаргах, энгийн зуух ашиглан орон байр, сууцаа халаах мөн хоол хийхдээ хатуу түлш ашигладаг байна гэж мэдээллэсэн гэвч эдгээр хатуу түлшийн дутуу шаталтын улмаас байгаль орчинд их хэмжээний бохирдуулагч бодис ялгарч, хүний эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж байдаг.¹ Хатуу түлшний гол төлөөлөгч болох нүүрсийг өмнөд азийн өөр, өөр улс орнуудад, тэр дундаа Энэтхэгт хоол хийхэд өргөнөөр ашигладаг байсан² бол Бангладеш, Шри Ланка, Балба болон Өмнөд Африкийн зарим хэсэгт нүүрс түлдэг байв. Эдгээр улсуудын айл өрхүүдийн ихэнх нь боловсруулаагүй нүүрс хэрэглэдэг байсан ч ДЭМБ-ын зааварт боловсруулаагүй нүүрсийг ахуйн түлш болгон ашиглахгүй байхыг хатуу зөвлөсөн байдаг.³

2018 онд дэлхийн өвчний дарамт, осол ба эрсдэлт хүчин зүйлийн судалгаагаар 2017 онд 1.6 сая хүн айл өрхийн доторх орчны агаарын бохирдолтой холбоотой нас барсан хэмээн мэдээллэсэн.⁴ Доторх орчны агаарын чанар муу байх нь амьсгалын замын өвчин, зүрх судасны өвчлөл зэрэг эрүүл мэндийн хүндрэл үүсгэхээс гадна астма болон харшлын өвчтэй хүмүүст илүү сөргөөр нөлөөлж байгааг онцолсон.⁵ Сүүлийн үеийн судалгаанууд дээр хүмүүс өдрийн нийт цаг хугацааныхаа 90 гаруй хувийг дотор орчинд өнгөрүүлдэг тул гэр, сургууль, ажлын байр зэрэг доторх орчны агаарын чанар нь тэдний нийт эрүүл мэнд, сайн сайхан байдалд шууд нөлөөлдөг талаар онцлох болсон. Доторх орчны бохирдуулагчид болох тоосонцор (PM), дэгдэмхий органик нэгдлүүд (VOC), нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO), азотын давхар исэл (NO₂) зэрэг бодисууд бөгөөд эдгээр нь хоол хийх, халаах, цэвэрлэгээ хийх үед дотоод орчинд тархахаас гадна гадаад орчноос дотоод орчинд нэвтрэх боломжтойг судалаачид тогтоосон байна.^{4,6}

2019 онд хийгдсэн судалгаагаар 2.5 микрометр ба түүнээс бага диаметртэй тоосонцор болох PM_{2.5}-д удаан хугацаанд өртөх нь дундаж насалтыг 1.8 жилээр бууруулж байна гэж тооцоолсон ба энэ нь агаарын бохирдолтой бүс нутагт өндөр байгааг тогтоосон.⁷ Мөн Миллер нарын (2007) судалгаагаар PM_{2.5}-д удаан хугацаагаар өртөх нь зүрх судасны өвчин, энэ нь эмэгтэйчүүдэд зонхилон тохиолдож байгааг тогтоосон байна.⁸

Монгол Улсын хувьд эрс тэс уур амьсгалтай бөгөөд өвлийн улиралд хүйтний эрч -40° хүрч нэмэгддэг ба үүнээс улбаатай гэр болон байшин сууцанд амьдардаг айл өрх сууцаа дулаан байлгах үүднээс цонх, хаалгаа битүүмжилдэг нь дотор агаарын солилцоог багасган агаарын чанарт сөргөөр нөлөөлдөг байна. Дархан хот нь Монгол Улсын аж үйлдвэрийн хоёр дахь томоохон аж үйлдвэрийн төв бөгөөд 1960 аад онд байгуулагдсан цагаасаа хойш хотжилт, үйлдвэржилт нь тогтмол өссөөр байна. Аж үйлдвэрийн хот учир, агаарын бохирдол нь зөвхөн гадаад орчны асуудал төдийгүй, дотор орчны агаарын чанарт сөргөөр нөлөөлж байгаа нь судалгаагаар нотлогдсон.⁹ Дархан хотын айл өрхийн халаалтын үндсэн түлш нь түүхий нүүрс бөгөөд энэ доторх орчны агаарын бохирдлыг нэмэгдүүлдэг гол эх үүсвэрүүдийн нэг юм.

Судалаач Г.Жаргалсайхан нарын 2023 онд хийсэн судалгаагаар Улаанбаатар хотын зарим дүүргийн айл өрхийн доторх орчны PM_{2.5}-ын концентраци өглөөний 11 цаг (42.5 мкг/м³), оройн 21 цагуудад (45.93 мкг/м³) хамгийн өндөр байсан байна. 2014 оны байдлаар хамгийн их бохирдолтой улирал нь өвлийн улирал (45.74 мкг/м³), үүнээс 2 дугаар сард PM_{2.5}-ын концентраци хамгийн өндөр (77.89 мкг/м³) байсан.¹⁰ Доторх орчны PM_{2.5}-ын агууламжийг тодорхойлохын тулд шууд хэмжилтийн төхөөрөмжүүдийг ашиглах нь агаарын бохирдуулагч бодисын тархалт, ялгарлын эх үүсвэрийг тодорхойлох, нөлөөллийн хувьд цаг хугацааны өөрчлөлтийг хянахад онцгой үр дүнтэй байдаг.¹¹ Судалгаануудаас үзэхэд шууд хэмжилт нь орон нутгийн нөхцөл байдалд тохирсон, шаардлагатай нарийвчилсан мэдээллийг өгдөг ба хямд бөгөөд үр дүнтэй арга юм.^{12,13}

Монгол Улсад халаалтын улирал нь жилд дунджаар зургаан сар үргэлжилдэг тул энэхүү хугацаанд агаарын бохирдуулагч бодисууд доторх орчинд хуримтлагдах эрсдэл өндөр байдаг.¹⁴ Агаарын бохирдол зөвхөн гадаад орчинд төдийгүй дотор орчны нөхцөлд ч анхаарах хэрэгтэй асуудал болж байгаа тул, Дархан хотын сууцны дотор орчны агаарын бохирдлыг бодит цагийн хэмжилтээр үнэлж, бохирдуулагч бодисын тархалт, эрсдэл, эрүүл мэндэд үзүүлэх нөлөөллийг нарийвчлан судлах нь чухал ач холбогдолтой юм.

Зорилго: Өвлийн улиралд Дархан хотын гэр, байшин, сууцны доторх орчны агаарын чанарыг Purple-Air багажаар үнэлэх.

Арга, аргачлал: Судалгааг нэг агшны загвараар хийж гүйцэтгэсэн. Судалгааны түүврийг зорилтот түүврийн аргаар Дархан хотын 128 айл өрхүүдийг судалгаанд хамруулав. Судалгаанд хамрагдсан айл өрхийн зуухны төрөл, хэрэглэж буй нүүрсний төрөл, айл өрхийн жилийн болон хоногийн нүүрсний хэрэглээ, галлагааны давтамж, зуух яндангийн битүүмжийн байдал зэрэг үзүүлэлтээр судлав. Судалгааны мэдээлэл цуглуулахад судалгаанд оролцогч айл өрхөд доторх агаарын чанарын шууд хэмжилтийн Purple-Air багаж байршуулах ба сарын дараа уг багажийг авах үед асуумжийн хуудас бөглүүлэх, доторх орчны Purple-Air багажийн 1 сарын хэмжилтийн үзүүлэлтүүдийг судалгааны мэдээ мэдээлэл болгон ашигласан. Асуумж нь Судалгаанд оролцогчоос хүн ам зүй, доторх орчны агаарт нөлөө үзүүлэх эрсдэлт хүчин зүйлийг багаж байршуулах үеийн 55 асуулт бүхий 7 хуудас асуумж, багаж авах үеийн 25 асуулт бүхий 3 хуудас мэдээллийг багтаасан. Үр дүнг “SPSS 25.0” программ ашиглан боловсруулалтыг хийж гүйцэтгэсэн. Агаарын бохирдлын хэмжилтүүдийн тоон хувьсагчийн тархалтыг тооцоолохдоо Колмогоров Смирновийн аргыг (Kolmogorov–Smirnov test) ашиглаж, р утга 0.05-с их бол хэвийн тархалттай гэж үзсэн. Тойм статистикийн үзүүлэлтийг тооцохдоо хэвийн тархалттай бол дундаж, стандарт хазайлт, дунджийн 95%-ийн итгэх интервалыг тооцсон, харин хэвийн бус тархалттай бол медиан, завсрын квартилыг тооцсон. Үзүүлэлтүүдийн ялгааг

тооцохдоо тархалтын тодорхойлсны дараа, тархалтаас нь хамааруулан хэвийн тархалттай бол үл хамаарах 2 түүврийн Т тест (Independent sample T test), хэвийн бус тархалттай бол Манн Витней Ю тест (Mann Whitney U test) аргыг ашигласан. Хэрэв р утга 0.05-аас бага байх тохиолдолд ялгааг статистик үнэн магадлалтай гэж үзсэн.

Үр дүн: Судалгаанд Дархан хотод байршилтай нийт 128 өрх хамрагдсан. Дархан хотын айл өрхүүдийн одоогийн сууцандаа амьдарч буй дундаж хугацаа нь 9.5 жил ба статистик ач холбогдол бүхий ялгаагүй байна. Сууцны төрлөөр ангилж үзэхэд монгол гэрт 40.6%, байшинд 39.1%, орон сууцанд 20.3% байсан.

Гэр, байшин, сууцны доторх орчны PM2.5 тоосонцорын агууламжийг тодорхойлсон дүн: Өвлийн улиралд гэр,

байшин, орон сууцны доторх орчны агаар бохирдуулагч PM2.5 тоосонцорын агууламжийг Purple-Air багажаар 24 цагийн турш тасралтгүй хэмжсэн. Дотоод орчны агаарын чанарын агууламжинд зуух, яндангийн битүүмж, цонх салхивчаа нээх хугацаа, галлагааны давтамж, дотоод орчинд хуурсан, хайрсан хоол хийх, арц, ганга, лаа, хүж асаах зэрэг өртөлтүүд хэмжигдсэн болно.

Дархан хотын айл өрхүүдийн 24 цагийн дундаж PM2.5-ын агууламж гэрт хамгийн их (70.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), байшинд (46.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), орон сууцанд (22.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) байсан нь ач холбогдол бүхий ялгаатай байсан ($p=0.0001$). Гэрийн доторх орчны PM2.5-ын агууламж хамгийн их хувьсаж байгаа бөгөөд үүний дараа байшин, орон сууц байна (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Дархан хотын айл өрхийн PM2.5-ын агууламж ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) сууцны төрлөөр

Тоо (n)	Дундаж	Голч утга	БУ	ИУ	Р утга
Сууцны төрөл					
Гэр	51	70.9±44.9	51.6	14.4	203.4
Байшин	49	46.8±37.8	34.7	8.2	231.5
Орон сууц	26	22.8±9.5	21.6	7.7	43.7

Орон сууцанд амьдардаг төвлөрсөн халаалттай айл өрхүүдэд PM2.5-ын агууламж 24 цагийн дунджаар 22.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ байсан бол халаалтын гол эх үүсвэр нь зууханд суурилдаг гэр, байшинтай айл өрхүүдтэй харьцуулахад 59.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ буюу статистик ач холбогдол

бүхий ялгаатай байлаа ($p=0.0001$). Харин сайжруулсан зуух нь уламжлалт зуухтай харьцуулахад статистик ач холбогдол бүхий ялгаа ажиглагдсангүй. ($p=0.8710$) (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Дархан хотын PM2.5-ын агууламж ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) халаалтын болон зуухны төрлөөр

Тоо (n)	Дундаж	БУ	ИУ	Р утга
Үндсэн халаалтын төрөл				
Төвлөрсөн халаалт	26	22.8±9.5	7.7	43.7
Зуух/пийшин	99	59.4±43.2	8.2	231.5
Нийт	125	51.7±41.4	7.7	231.5
Зуухны төрөл				
Энгийн (уламжлалт)	13	58.4±37.9	17.2	135.4
Сайжруулсан (төслийн)	85	59.2±44.3	8.2	231.5
Нийт	98	59.1±43.3	8.2	231.5

Дархан хотын доторх орчны агаарын чанарт нөлөөлөх зарим эрсдэлт хүчин зүйлсийг тодорхойлсон дүн: Дотоод орчны агаарын чанарт нөлөөлж буй хүчин зүйлсийг судлаж үзэхдээ бид дараах эрсдлүүдийг тооцож үзсэн.

Дархан хотын судалгаанд оролцогчдын нийт 21.4% нь гэр бүлийн хэн нэгэн нь гэр дотор тамхи татдаг гэж хариулсан. Мөн 86.5% нь тогтмол арц, лаа, хүж, зул, ганга асаадаг бол 99.2% нь гэртээ агаар цэвэршүүлэгч хэрэглэдэггүй байв (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Дархан хотын PM_{2.5}-ын агууламжид нөлөөлөх зарим хүчин зүйлс

Үзүүлэлт	Тоо (n)	%
Гэртээ тамхи татдаг хүн байдаг эсэх		
Үгүй	99	78.6
Тийм	27	21.4
Агаар цэвэршүүлэгч ашигладаг эсэх		
Үгүй	125	99.2
Тийм	1	0.8
Гэртээ арц, лаа, хүж, зул, ганга асаадаг эсэх		
Үгүй	17	13.5
Тийм	109	86.5

Хэлцэмж: Монгол Улсын нийгэм, эдийн засгийн нөхцөл байдал нь халаалт болон түлшний хэрэглээнд ихээхэн нөлөөлдөг бөгөөд ялангуяа уламжлалт нүүрс түлдэг зуух өргөн хэрэглэгддэг хөдөөгийн бүс нутагт болон хот орчимд энэ нь тод ажиглагддаг. Дархан хотын айл өрхүүдийн гэрийн доторх PM_{2.5}-ын агууламж орон сууц, байшинтай харьцуулахад өндөр байсан. Энэ нь түүхий нүүрсний шаталт байгаль орчин болон эрүүл мэндэд үзүүлэх сөрөг нөлөөг тодорхойлсон бусад орны судалгаануудтай дүйж байна.¹⁵ Жишээлбэл, Перуд хийсэн судалгаагаар уламжлалт зуух хэрэглэдэг айл өрхүүдийн доторх орчны PM_{2.5}-ын түвшин олон улсын зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэд дахин их байсан ба энэ нь амьсгалын замын халдвар болон архаг өвчлөлүүдтэй өндөр хамааралтай болохыг тогтоожээ.¹⁶ Африкийн олон улс оронд хийсэн судалгаагаар ч мөн адил биомасс болон нүүрс түлдэг өрхүүдийн дотоод орчны агаарын бохирдлын түвшин эрүүл мэндэд эрсдэлтэй хэмжээнд байгааг тогтоосон байна.¹⁷ Энэ нь Монголын нөхцөл байдалтай ижил төстэй бөгөөд уламжлалт зуух, түлшний хэрэглээ нь PM_{2.5}, нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO) болон бусад бохирдуулагч ялгаруулалтыг нэмэгдүүлдэг болохыг нотолж байна. Түүхий нүүрсийг түлш болгон хэрэглэх нь дотоод орчны агаарын бохирдол нэмэгдэх шалтгаан болдог бөгөөд энэ нь амьсгалын замын өвчлөл, зүрх судасны өвчин, уушгины архаг үрэвсэл зэрэг эрүүл мэндийн асуудлуудыг дагуулдаг. Монгол Улсад хийгдсэн өмнөх судалгаагаар PM_{2.5}-ын өндөр агууламж нь хүүхдийн амьсгалын замын өвчлөл, уушгины хатгалгааны шалтгаан болж байгааг тогтоосон бөгөөд энэ нь дэлхийн эрүүл мэндийн судалгаануудтай дүйж байна.^{18,19}

Бидний судалгааны үр дүнгээр уламжлалт зуухтай айл өрхүүдийн PM_{2.5}-ын түвшин өндөр байгаа нь түлшний чанар, дутуу шаталтын байдлын шууд үр дагавар байж болох юм. Хөгжиж буй орнуудад хийгдсэн ижил төстэй судалгаануудын үр дүнтэй харьцуулахад, сайжруулсан түлшний хэрэглээ нь бохирдлыг мэдэгдэхүйц хэмжээгээр бууруулах боломжтойг онцолсон. Сайжруулсан түлш цахилгаан зуухыг өргөн хэрэглээнд нэвтрүүлэх нь агаарын бохирдлыг бууруулах үр дүнтэй шийдэл болохыг олон улсын судалгаанууд харуулж байна. Тухайлбал, Өмнөд Солонгост хийгдсэн судалгаагаар байгалийн

хий болон сайжруулсан түлшинд шилжсэнээр PM_{2.5}-ын бохирдол 40%-иар буурч, айл өрхийн эрчим хүчний үр ашиг дээшилсэн нь тогтоогдсон.^{15,20} Дархан хотын судалгааны үр дүнгээс харахад, түүхий нүүрс түлэх нь эдийн засгийн хувьд илүү хямд боловч урт хугацааны эрүүл мэндийн болон бусад зардлыг нэмэгдүүлдэг байна.

Дүгнэлт: Дархан хотын суурьшлын гэр, байшин доторх орчны тоосонцрын агууламж 59.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ байсан ба ашиглаж буй зуухны төрлөөр ялгаатай, яндангийн битүүмж алдагдаж, зай завсар, цоорхой гарсан тохиолдол их байгаа нь доторх орчны агаарт бохирдуулагч бодис илүү тархах нөхцлийн бүрдүүлж байна.

Ном зүй:

1. World Health Organization. Household Air Pollution and Health, Key Facts. Available online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/> (accessed on 4 May 2018).
2. World Health Organization (WHO) Indoor Air Quality Guideline: Household Fuel Combustion. Review 8: Household Coal Combustion: Unique Features of Exposure to Intrinsic Toxicants and Health Effects. Available online: http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc/Review_8.pdf?ua=1 (accessed on 4 May 2018).
3. World Health Organization (WHO) Guidelines for Indoor Air Quality: Household Fuel Combustion. Available online: <http://www.who.int/airpollution/guidelines/household-fuel-combustion/en/> (accessed on 8 August 2018).
4. Stanaway, J.D., Afshin, A., Gakidou, E., et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017.
5. Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2015). Air pollution and public health: Emerging hazards and improved understanding of risk. *Environmental Geochemistry and Health*, 37(4), 631–649.
6. Schraufnagel, D. E., *нап* (2019). Air pollution and noncommunicable diseases: A review from the forum of international respiratory societies. *Chest*, 155(2), 409–416.
7. Lelieveld, J., Pozzer, A., Pöschl, U., et al. Loss of life expectancy from air pollution compared to other risk factors: A worldwide perspective. *Cardiovasc Res*. 2019;116(11):1910–1917.
8. Miller, K.A., Siscovick, D.S., Sheppard, L., et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*. 2007;356(5):447–458. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa054409>
9. Гомбосүрэн, Т., Мандах, Д. (2019). Health risks associated with indoor air pollution in northern Mongolia.
10. Galsuren J, Boldbaatar B, Munkhtur N, Namnan B, Lkhagvatseren U, Dambadarjaa D, et al. (2023) Indoor Air Quality Study among the Households of Ulaanbaatar, Mongolia. *J Pollut Eff Cont*. 11:380.
11. Janssen, N. A. H., (2015). Real-time monitoring of air quality and its impact on public health.
12. Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742.
13. Flowerday CE, Lundrigan P, Kitras C, Nguyen T, Hansen JC. Utilizing Low-Cost Sensors to Monitor Indoor Air Quality in Mongolian Gers. *Sensors*. 2023; 23(18):7721. <https://doi.org/10.3390/s23187721>
14. Ganbat, G., Soyol-Erdene, T.O. and Jadamba, B. (2020). Recent Improvement in Particulate Matter (PM) Pollution in Ulaanbaatar, Mongolia. *Aerosol Air Qual. Res*. 20: 2280–2288. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.04.0170>
15. Change in Household Fuels Dominates the Decrease in PM_{2.5} over China during 2005–2015. Summary: This research highlights how reduced household solid-fuel consumption was the leading contrib-

- utor to the rapid decrease in PM_{2.5} exposure in China over a decade. Link: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1812955115>
16. Baumgartner, J., Smith, K. R., & Chafe, Z. A. (2011). Indoor air pollution and health in developing countries. *Annual Review of Public Health*, 32, 81-103.
 17. Clark, M. L., Peel, J. L., Balakrishnan, K., et al. (2013). Health and household air pollution from solid fuel use: The need for improved exposure assessment. *Environmental Health Perspectives*, 121(10), 1120-1128.
 18. UNICEF. (2018). "Mongolia's air pollution is a child health crisis." UNICEF East Asia & Pacific.
 19. Enkhjargal, B., & Gombojav, E. (2017). "Impact of the ambient air PM_{2.5} on cardiovascular diseases of Ulaanbaatar residents." *Geography, Environment, Sustainability*, 10(2), 53-66.
 20. Woo, JH, Kim, Y., Choi, KC. et al. Development of a greenhouse gas - air pollution interactions and synergies model for Korea (GAINS-Korea). *Sci Rep* 14, 3372 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53632-w>

Indoor Particulate Matter Concentration in Households of Darkhan City

Nyamdorj J¹, Bolor M², Maralmaa E², Yerkyebulan M³, Ser-Od Kh³, Myagmarchuluun S¹, Shatar Sh³, Gantuya D³, Gregory C. Gray⁴, Junfeng Zhang⁵, Ulziimaa D⁶, Damdindorj B⁶, Khurelbaatar N⁶, Davaalkham D^{2,7}

¹Department of Environmental Health, School of Public Health, MNUMS

²Mongolian Center for Environmental and Occupational Health

³Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, MNUMS

⁴University of Texas

⁵Duke University

⁶MNUMS

⁷School of Public Health, MNUMS

E-mail: nymanymaa050@gmail.com, Tel: +976-99233148

Background: A 2018 study on the global burden of disease, accidents, and risk factors reported that 1.6 million people died in 2017 due to household air pollution. Poor indoor air quality has been highlighted as a contributing factor to respiratory diseases, cardiovascular conditions, and exacerbation of asthma and allergies. A 2019 study estimated that long-term exposure to fine particulate matter (PM_{2.5}) with a diameter of 2.5 micrometers or less reduces average life expectancy by 1.8 years, with more severe effects in highly polluted regions. Additionally, a study by Miller et al. (2007) found that prolonged exposure to PM_{2.5} increases the risk of cardiovascular diseases, particularly among women. Direct measurement devices are highly effective in determining indoor PM_{2.5} concentrations, identifying sources of pollution, tracking pollutant dispersion, and monitoring temporal variations. Studies suggest that direct measurement is an accurate, cost-effective method that provides detailed data suitable for local conditions.

Aim: To investigate the indoor air quality of houses and apartments in Darkhan city during the winter season using the Purple Air monitoring device.

Materials and Methods: A cross-sectional study was conducted with a targeted sample of 128 households in Darkhan city. The study examined factors such as stove type, type of coal used, annual and daily coal consumption, frequency of heating, and chimney sealing conditions. To collect data, the Purple Air monitoring device was installed in each household for a month, after which it was retrieved. During retrieval, participants completed a questionnaire. The questionnaire consisted of 55 questions across 7 pages at the time of device installation and 25 questions across 3 pages at the time of device retrieval. The collected data was analyzed using SPSS 25.0.

Results: A total of 128 households in Darkhan city participated in the study. The average duration of residence in the current home was 9.5 years, with no statistically significant variation. The distribution of housing types was as follows: traditional Mongolian gers (40.6%), houses (39.1%), and apartments (20.3%). The 24-hour average PM_{2.5} concentration was highest in gers (70.9 µg/m³), followed by houses (46.8 µg/m³) and apartments (22.8 µg/m³), with a statistically significant difference (p=0.0001). PM_{2.5} levels were most variable in gers, followed by houses and then apartments. Households using central heating (apartments) had an average 24-hour PM_{2.5} concentration of 22.8 µg/m³, whereas households using stoves (gers and houses) had a significantly higher concentration of 59.4 µg/m³ (p=0.0001). However, there was no statistically significant difference between traditional and improved stoves. Among study participants, 21.4% reported that someone in their household smoked indoors. Additionally, 86.5% regularly burned incense, candles, or herbs, while 99.2% did not use an air purifier.

Conclusion: The indoor particulate matter concentration in houses and gers in Darkhan was 59.4 µg/m³. Variations in stove types, poor chimney sealing limited space, and frequent gaps and cracks contribute to increased spread of indoor air pollutants.

Keywords: Particulate matter, Air pollution, Raw coal, Housing