

Indikerande innemiljökontroll

– en kartläggning



Svein Ruud
Eva Sikander
Mikael Theorin
Mats Persson

2021-12-31

Sammanfattning

Syftet med denna kartläggning är att komplettera kunskapen i Sverige kring olika typer av möjliga indikerande innemiljökontroller som finns. Utvecklingen på både mätteknik och beslutsverktyg är snabb. En inledande analys av utmaningar och möjligheter med olika typer av kontroller och indexering av innemiljökontroller presenteras.

Några exempel på aktörer och system som direkt kan kopplas till indexering, alternativt bidrar genom till exempel kravformuleringar eller guidning i uppföljning, beskrivs i rapporten är:

- ALDREN TAIL Index
- Standarder, bland andra SS-EN 16798-1:2019
- Beloks Innemiljökrav för lokalbyggnader
- Miljöcertifiering och miljömärkning
- SWESIAQ
- Obligatorisk ventilationskontroll – OVK
- Loggande sensorer
- Enkäter
- Okulära kontroller
- Stickprovskontroll med momentanmätning
- Databaser
- Vägledningar från olika myndigheter

Generellt sett är det en stor spridning mellan olika kontrollsystem när det gällande innehållet och omfattningen på vilka parametrar som kontrolleras i inomhusmiljön. Det finns 100-talet parametrar som används vid kontroll av inomhusmiljö idag (IEA-Annex86).

Den som beställer kontroller vill lösa sitt behov av beslutsunderlag. Korrekt underlag till så låg kostnad som möjligt. Det är naturligt att det finns en viss variation utifrån syftet med kontrollen. Det finns ett behov av att skilja på enklare indikerande kontroll, för att styra en byggnad eller för att identifiera problem, samt kontroller för att fastslå hur en inomhusmiljö är vid en djupare utredning. Utmaningen med att ha för många varianter igång samtidigt blir att det är svårt att få bred konsensus kring om en kontroll tillräckligt bra gjord utifrån det beslut som ska tas. Det kan också innebära utmaningar om kravnivåerna varierar mellan systemen på samma fråga.

Regelverk och kravspecifikationer kring indikerande innemiljökontroller saknar sammanhållande och tydligt uttalad struktur sett till de myndigheter som ska ansvara för densamma. Det gäller nationellt och internationellt varför en del i utmaningen sannolikt kommer av att det saknas konsensus oavsett perspektiv och nivå. Internationella förlagor och goda exempel saknas därmed vilket innebär att arbetet med att mejsla ut en tydlig och strukturerad strategi hamnar på nationell nivå.

Synpunkter och förslag

Synpunkter och förslag på den presenterade rapporten kommer att samlas in för att vara underlag för ett fortsatt arbete med kunskapssammanställningen. Synpunkter och förslag skickas till mats.persson@mau.se.

Innehåll

Sammanfattning	1
1 Inledning	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte	3
1.3 Till dig som läsare.....	4
2 Indikerande inomhuskontroller	5
2.1 Allmänt om index för att bedöma inomhuskvalitet	5
2.2 ALDREN TAIL Index.....	5
2.3 Standarden, bland andra SS-EN 16798-1:2019.....	9
2.4 Belösta Inomhuskrav för lokalbyggnader	11
2.5 Miljöcertifiering och miljömärkning	12
2.6 SWESIAQ	15
2.7 Obligatorisk ventilationskontroll – OVK.....	15
2.8 IEA Annex86	16
2.9 Loggande sensorer	16
2.10 Enkäter	17
2.11 Okulära kontroller	18
2.12 Stickprovskontroll med momentanmätning	19
2.13 Databaser	19
2.14 Vägledningar från olika myndigheter	20
3 Summering	21
3.1 Slutsatser.....	21
3.2 Förslag på fortsatt arbete	22
Referenser	24

I Inledning

I.1 Bakgrund

I tidigare kartläggning av kontroller för god inomhusmiljö (Sikander et.al. 2021) konstateras att det finns ett stort antal kontroller som kan utföras och som har bäring på inomhusmiljö. Dessa kontroller kunde delas in i olika områden såsom fukt, lufttäthet, termisk komfort, ventilation, ljud, ljus, tappvatten avseende legionella, emissioner, luftkvalitet, miljö- och hälsostörande ämnen, radon, städning och mikrobiologi. Dock saknades i denna kartläggning en internationell utblick och då speciellt på indexerade innemiljökontroller, vilket skulle kunna bidra till ett effektivare kontrollarbete i Sverige.

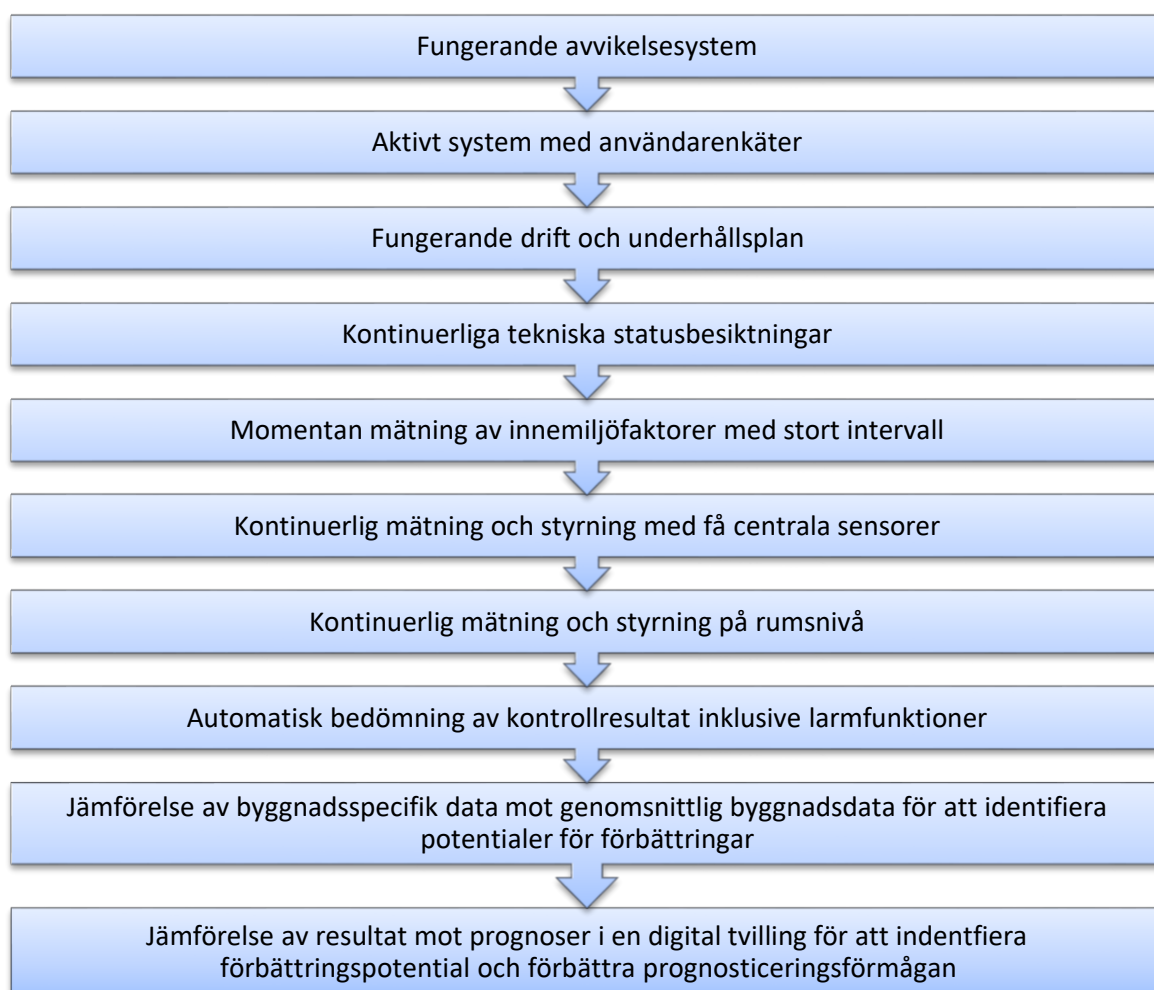
Inom ramen för denna tidigare kartläggning identifierades även källor som beskriver krav och kriterier. Exempel på sådana källor för krav och kriterier att mäta/kontrollera mot är:

- Myndighetskrav såsom exempelvis BBR.
- Branschregler och branschstandarder såsom exempelvis R1 Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav, Säker vatteninstallation, ByggaF och ByggaL.
- Certifieringssystem såsom exempelvis Miljöbyggnad, LEED, BREEAM, P-märkt innemiljö och energianvändning SPCR114.
- Objektspecifika krav och kriterier som formulerats av byggherre/beställare.

I.2 Syfte

Syftet med denna kartläggning är att komplettera kunskapen i Sverige kring de indikerande innemiljökontroller och index som idag utvecklas samt används internationellt, och att ge en inledande analys av om delar skulle kunna bidra till god inomhusmiljö i Sverige.

Fokus i denna kartläggning är kontroller efter slutbesked enligt figur 1.1.



Figur 1.1 Exempel på möjliga kontroller med olika detaljnivå och olika beslutsstöd i drift. högst detaljnivå och mest stöd till styrning längst ned i bilden.

En arbetsgrupp som tillsammans representerar både bred och djup kompetens och stor erfarenhet från utredning av byggnaders inomhusmiljö har sammanställt rapporten Synpunkter och förslag på den presenterade rapporten kommer att samlas in för att vara underlag för ett fortsatt arbete med kunskapssammanställningen. Synpunkter och förslag skickas till mats.persson@mau.se.

1.3 Till dig som läsare

Den här rapporten presenterar en kortfattad sammanställning av kunskap och erfarenheter som finansierats av Boverket. Rapporten är resultatet av författarnas analyser och utredningar. Boverket har inte tagit ställning till innehållet.

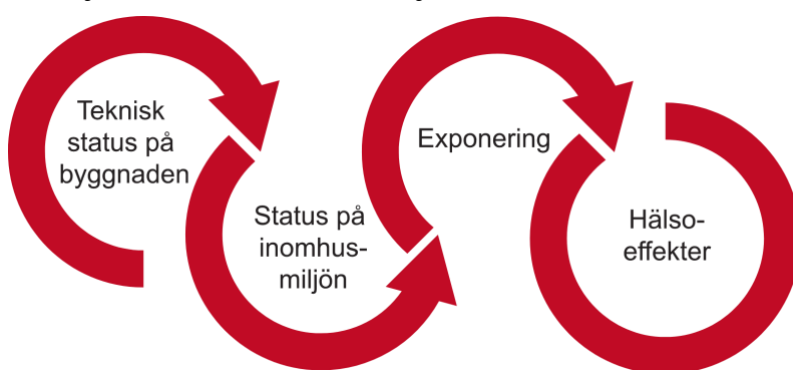
2 Indikerande innemiljökontroller

I detta kapitel sammanställs exempel som har betydelse för att göra indikerande innemiljökontroller. Sammanställningen gör inte anspråk på att vara heltäckande men belyser några viktiga exempel.

2.1 Allmänt om index för att bedöma innemiljö kvalitet

Indexering används för att förklara komplexa samband på ett enklare sätt. Genom att slå ihop två eller fler faktorer till ett index underlättas beslutsprocesser.

När det gäller människors hälsa och hur inomhusmiljön påverkar densamma är det ingen exakt vetenskap där innemiljöindex eller kravgränser går att koppla fullt ut till hälsorisker. Men indikerande kontroll kan bistå med ett bra beslutsunderlag ändå. Framför allt kan indikerande kontroller påvisa när det inte är normalt. WHO har flera riktlinjer som berör inomhusmiljö (WHO 2009, 2010 och 2021).



Figur 2.1 Hur en människa reagerar på en inomhusmiljö beror på en komplex kedja som gör det svårt att bevisa något med enkel kontroll på ett enstaka ställe i kedjan. (bildkälla Boverket)

2.2 ALDREN TAIL Index

ALDREN TAIL-index är ett indexsystem för att bedöma och kvalitativt gradera inomhusmiljön i byggnader. Indexet är resultatet av ett europeiskt initiativ där en sammanvägd bedömning gjorts av kunskapsläget inom miljöcertifieringssystem, europeiska standarder, forskningsprojekt och vetenskapliga publikationer.

Tabell 2.1 ALDREN TAIL-index (ALDREN 2019) med 4 indikatorer med sammanlagt 12 parametrar.

T (termisk komfort)	A (akustisk miljö)	I (inomhusluftkvalitet)	L (ljusmiljö)
Lufttemperatur	Ljudtrycksnivå	CO ₂	Dagsljusfaktor
		Ventilationsflöde	Ljusstyrka
		Relativ luftfuktighet	
		Synligt mögel	
		Bensen	
		Formaldehyd	
		PM _{2,5}	
		Radon	

TAIL-index har fyra indikatorer med sammanlagt 12 parametrar för inomhusmiljö och där parametrarna även uppfyller kraven i europeiska standarder för energiprestanda i byggnader. Varje parameter har fyra kvalitetsnivåer, i enlighet med standard EN 16798-1 (se kapitel 2.3).



Figur 2.2 ALDREN-TAIL index redovisas med färgkodad symbol för de fyra indikatorerna. (Wargocki et.al. 2021)

Det finns två varianter av TAIL-indexet, ALDREN-TAIL som huvudsakligen är baserad på mätningar före och efter en renovering, samt PredicTAIL som är baserad på modellering. ALDREN-TAIL är därmed ett verifieringsverktyg medan PredicTAIL är ett verktyg för att jämföra olika renoveringsalternativ.

Reflektioner

Några generella egenskaper om TAIL-index är:

- Syftet med indexet är att ge ett sammanfattande och övergripande index för en byggnads inomhusmiljö, där det är enkelt att identifiera var de största bristerna (och förbättringspotentialerna) finns. Detta kan möjligen ge en rimlig avvägning mellan kontrollkostnad och förebyggande hälsoskyddsarbete på en generell nivå.
- Ett annat syfte med indexet är att göra en rimlig avvägning mellan kontrollkostnad och uppnått hälsoskydd.
- Påminner i sin uppbyggnad mycket om det svenska systemet Miljöbyggnad men begränsar sig till endast inomhusmiljön.
- Större fokus (fler utvärderade parametrar) på indikatorn luftkvalitet än på termisk komfort, akustisk miljö och ljusmiljö.
- TAIL-indexet är en bra ansats men bör som nämns i artikeln *Application of ALDREN-TAIL index* (Wei et.al. 2020) vidareutvecklas och testas för olika byggnader och i olika klimat innan det blir generellt användbart.
- Tidsaspekten, dvs. hur länge man behöver mäta/logga olika parametrar och under vilka årstider, är exempelvis något som behöver testas och utredas vidare.

Reflektioner avseende olika indikatorer/parametrar

Termisk komfort: Mätning av lufttemperaturen under en vecka i en punkt per rum ger en övergripande men inte alltid en tillräcklig bild av den termiska komforten i ett rum. Även om lufttemperaturen på 1,3 m höjd vid en innervägg är OK så kan den termiska komforten ändå upplevas som mycket bristfällig. Det kan bero på kallstrålning och/eller kallras från stora kalla fönsterytor, kalla golv, drag från tilluftsdon, stor vertikal temperaturgradient etc. Detta är dock parametrar som är svåra att mäta kontinuerligt. I ett utvärderingssystem som TAIL-index bör därför den enkla mätningen av lufttemperatur kompletteras med en enkät till brukarna och/eller en okulär besiktning/bedömning av de aktuella vistelseutrymmena. Vid en så kort mätning av

lufttemperaturen som under en vecka kan man också missa att byggnaden och dess installationer har en bristfällig funktion under andra årstider och andra väderleksförhållanden.

En utvärdering av den termiska komforten bör därför helst baseras på kontinuerliga mätningar under minst ett år och en okulär besiktning, samt helst även enkäter till brukarna utskickade under olika årstider. Risk finns annars att för den enda parametern Lufttemperatur ge en 1:a som felaktigt ger "grönt ljus" för hela indikatorn Termisk komfort.

Akustisk miljö: Även här är det endast en typ av mätning, A-vägd ljudtrycksnivå, som värderingen ska baseras på. Det gör att det är viktigt att mätning sker under en längre tid, inte nödvändigtvis ett helt år men åtminstone under några dygn och helst även vid olika årstider. Det skulle även vara bra om man utvidgade mätningen och värderingen till att även innefatta mer lågfrekvent ljud, dvs. C-vägd ljudtrycksnivå (kan göras med samma mätinstrument).

För att kunna bestämma var eventuella förbättringsåtgärder kan sättas in vore det även bra om man på något sätt kunde separera vad som beror på externa respektive interna ljudkällor. Man måste också bestämma hur kortvariga höga ljudnivåer ska värderas, speciellt om dessa beror på externa ljudkällor.

Ljusmiljö: Beräkning av dagsljusfaktor och mätning av belysningsstyrka ger en bra grund för att bedöma byggnadens potential för att uppnå en god ljusmiljö. Dock bör beaktas att färgval och interiörer kraftigt kan påverka den upplevda ljusmiljön. De valda parametrarna ger heller ingen direkt information om risken för bländning eller hur användning av eventuella solavskärmningar påverkar ljusmiljön. Krav på dagsljusfaktor kan ibland ha en negativ påverkan på kravet på god termisk komfort, exempelvis att stora fönsterpartier för att få in tillräckligt med ljus lång in i vistelsezonen också kan leda till kallstrålning, kallras och drag.

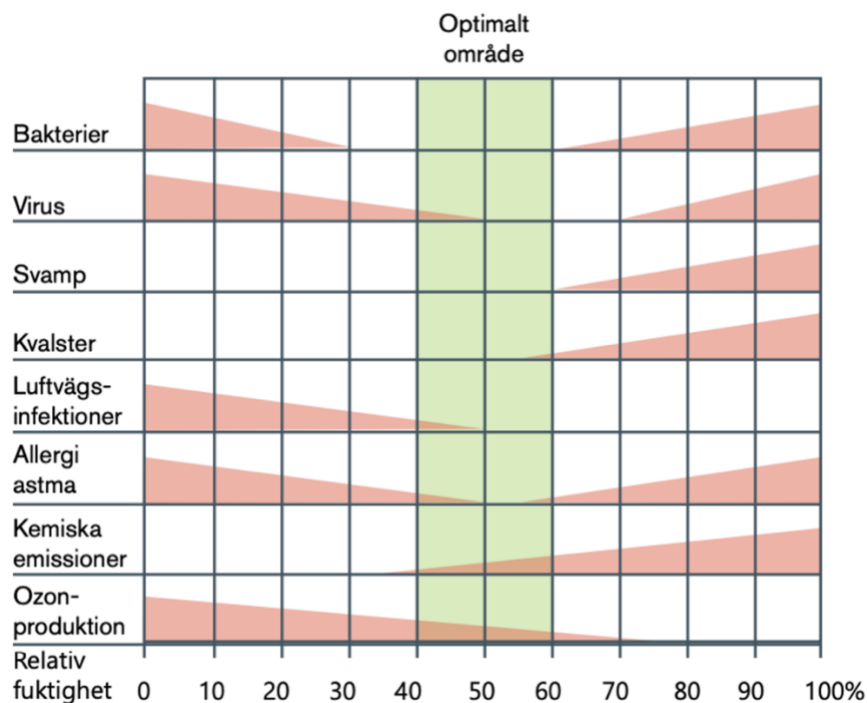
Luftkvalitet: Jämfört med övriga tre indikatorer bestäms luftkvalitetsindikatorn av ett flertal parametrar. Noterbart är också att uppmätta värden för flertalet av dessa parametrar till stor del beror på parametern ventilationsflöde. Hur nära ett gränsvärde man hamnar för en viss parameter beror dock på källstyrkan för respektive internt genererat ämne. När det gäller partikelhalten PM_{2,5} så beror den både på internt genererade partiklar, förekomsten av partiklar i uteluften och på ventilationssystemets förmåga att filtrera inkommande uteluft. Förekomsten av både gasformiga föroreningar och partiklar av olika storlekar kan även påverkas av interna luftrenare. För parametrar som kan variera kraftigt i uteluften bör kontinuerlig mätning även ske i uteluften.

Koldioxid CO₂: Koldioxid (CO₂) är i de halter den normalt förekommer i inomhusmiljö, 500–1500 ppm, i sig en ofarlig gas. Den är samtidigt en god indikator på en mängd andra mer svårsmälta ämnen som avges från människor genom andning och transpiration, en cocktail av ämnen som uppfattas som dålig luftkvalitet när den förhöjda CO₂-halten orsakad av mänsklig närvaro överskrider 1000–1500 ppm. Mätning av CO₂ för att värdera luftkvalitet är därför främst av intresse i utrymmen med hög personbelastning såsom konferensrum, klassrum etc. Det finns idag relativt billiga CO₂-givare, ofta kombinerade med givare för temperatur och relativ fuktighet (RH). Ett problem med CO₂-givare är ibland långtidsstabiliteten, men för att logga trender är absolutvärdet inte lika viktigt. Givarna kan kalibreras och justeras på plats. Det bör även påpekas att i stadsmiljö kan CO₂-halten i uteluften tidvis vara väsentligt högre än ca 400 ppm.

Relativ luftfuktighet: Den relativa luftfuktigheten, vare sig den är hög eller låg, innebär i sig ingen dålig luftkvalitet. Låg relativ luftfuktighet kan dock leda till torra slemhinnor

och ökad mottaglighet för luftvägsinfektioner. Optimal fysiologisk luftfuktighet ligger enligt vissa källor i intervallet 40–60 % RH, se figur 2.2.

Den relativa luftfuktigheten i ineluften kan också indirekt ha stor betydelse för inomhusmiljön på så sätt att ett högt fuktillskott kan ge upphov till fukt- och mögelskador på ytor eller inne i konstruktioner som medför försämrad luftkvalitet. I Sverige fuktsäkerhetsprojekteras konstruktioner oftast utifrån ett visst fuktillskott. Kontroll av luftfuktigheten bör ur denna aspekt därför utföras både ute och inne tillsammans med temperatur ute och inne för att bestämma fuktillskottet. Loggande mätning för att fånga upp variationer ger bättre kunskap än momentana mätningar. Uppmätt relativ fuktighet i ett TAIL-index såsom det är utformat idag speglar således inte den riskfaktor som är störst för inomhus avseende luftfuktighet.



Figur 2.3 Samband mellan relativ luftfuktighet och hälsa. Nyligen genomförda studier bekräftar också att överföringen av virus, vid t.ex. hosta, minskar avsevärt vid en luftfuktighet över 45 %. (Scofield/Sterling – diagram. Länsstyrelsen Dalarna (2020))

Synligt mögel: Synligt mögel, som är en av parametrarna i TAIL-index, är aldrig acceptabelt i inomhusmiljön. Indikatorn är dock för grovt tilltagen eftersom begreppet mikrobiell påväxt används i Sverige. Detta inkluderar synligt mikrobiell påväxt och även mikrobiell påväxt som inte är synligt för blotta ögat. I Sverige är även problematiken med fuktskador vanligen förekommande inne i konstruktioner, dvs. inte synligt från insidan utan att konstruktionen öppnas. Denna dolda påväxt i konstruktioner innebär risk för människors hälsa samt även för skada på egendom. I de nordiska länderna är klimatet kallt och konstruktionerna är dimensionerade för att rymma termisk isolering och lufttät klimatskärm på byggnader. Det är också en av anledningarna till den relativt stora omfattningen av dolda mikrobiella skador då dessa konstruktioner inte öppnas upp i onödan så förblir många mikrobiella angrepp oupptäckta. Därav är synligt mögel i en svensk kontext otillräckligt som indikator på mikrobiella skador. Däremot skulle (som alternativ till mätning vid indikering av innemiljöpåverkan) mögellukt kunna vara en indikator. Skadutredare med “tränade näsor” brukar kunna identifiera fuktskador genom att lukta längs golvvinklar etc.

PM2,5: PM2,5 borde kanske ersättas eller kompletteras med PM1, detta då partiklar < 1 mikrometer har större potential att tränga längre ned i luftvägarna och då innebära en större hälsorisk än större partiklar. Oavsett partikelstorlek som mäts och utvärderas så bör mätning ske under lång tid, helst kontinuerligt året runt, och både i uteluften och i inomhusluften. Detta för att kunna bedöma om det är högre luftflöde eller bättre luftfilter som behövs för att sänka för höga halter. Även när det gäller partikelmätningar finns det idag relativt billiga sensorer som är användbara för långtidsmätningar och värdering av luftkvalitet med avseende på partiklar.

Radon: Radon i inomhusluft ska uppfylla kravet på max 200 Bq/m³ luft som årsmedelvärde. Mätning ska utföras under eldningssäsong (oktober–mars) med långtidsmätning. Indikerande korttidsmätning kan utföras med luftkvalitetssensorer och som idag är relativt prisvärda även för radon. Fastighetsägare kan med dagens nyare sensorteknik samtidigt övervaka ett antal parametrar där radon numera inkluderas. Det innebär en större möjlighet att inom kort tidsram och lättillgängliga data kunna följa kvaliteten på luften i inomhusmiljön.

Ventilationsflöde: Luftflödet, eller snarare luftomsättningen, är också ett mått som ger en övergripande men inte alltid en tillräcklig bild av hur ventilationen fungerar i de ventilerade utrymmena. Såvida man inte har en fullständigt omblandande ventilation kan luftutbyteseffektiviteten genom kortslutning göra att en stor del av den tillförda luften inte kommer vistelsezonen till godo. I andra fall kan ventilationseffektiviteten ändå bli mycket låg beroende på frånluftsdonens placering i förhållande till interna föroreningskällor. Då både mätning av luftutbyteseffektivitet och ventilationseffektivitet är dyra och tidskrävande är det inte rimligt att kräva dessa mätningar. Däremot bör man genom en okulär besiktning relativt snabbt kunna bedöma om det aktuella ventilationssystemet har förutsättningar för en god funktion. I exempelvis en skola med vindsplacerade tilluftskanaler, deplacerande tilluftsdon och avsaknad av komfortkyla kan man ganska säker säga att ventilationen inte fungerar så bra under perioden maj–augusti.

Bensen och formaldehyd: Bensen och formaldehyd representerar två kemiska ämnen som är typiska för dålig luftkvalitet. Påverkan av dålig förbränning av fossila bränslen och trafikpåverkan via uteluften kan mätas med bensen och PM2,5. Emissioner från fuktigt lim i byggnadsmaterial och möbler mäts med formaldehyd. Det finns dock ett antal kemiska ämnen som är vanligt förekommande och en fråga är vilka som kan vara lämpliga att mäta? Utvärdering måste utföras mot relevanta kriterier och i Sverige krävstills förekomst och halter av kemiska ämnen mot lagstiftning om kemikalier, människors hälsa och miljön samt arbetsmiljön. Mer relevant i svensk kontext kan därför vara att anpassning görs så att en sammanvägning av kemiska ämnen i luft ska göras. Redan idag finns krav på historisk inventering av verksamheter och material som kan ha en påverkan för verksamheten på en fastighet. Det riskerar dock att bli krångligt och dyrt samt på det hela taget orimligt för fastighetsägaren. Men samtidigt blir det en balansgång där även risken för falsk säkerhet bör beaktas.

2.3 Standarden, bland andra SS-EN 16798-1:2019

Standarden SS-EN 16798-1:2019, *Byggnaders energiprestanda - Ventilation för byggnader - Del 1: Indataparametrar för inomhusmiljö för konstruktion och bestämning av byggnaders energiprestanda gällande luftkvalitet, termiskt klimat, belysning och akustik - Modul M1-6*, har till syfte att fastställa krav för inomhusmiljö med parametrar som påverkar termisk komfort, luftkvalitet inomhus, ljus- och akustikmiljö och då specifikt hur parametrarna ska tas fram för design/projektering av byggnader och beräkningar av energiprestanda. Standarden är inte översatt till svenska även om det finns en svensk titel.

Standarden hänvisar till flera andra standarder som var och en beskriver någon av de parametrar som ska mätas och ingå i EN16798-1. Innemiljö kvaliteten indelas i fyra kategorier (IEQ = Indoor Environmental Quality) enligt figur 2.4:

Kategori	Förväntad nivå
IEQ _I	Hög
IEQ _{II}	Medium
IEQ _{III}	Måttlig
IEQ _{IV}	Låg

Figur 2.4 De fyra kategorierna för inomhusmiljö (översatt från tabell 4 i SS-EN 16798-1:2019).

I standardens Annex A anges tabeller utan värden för parametrar och utvärderingskriterier. Normativa förslag till värden för respektive parameter och utvärderingskriterier finns i standardens Annex B (exempel visas i figur 2.5). Dessa kan användas i brist på nationella värden. I andra fall anges bara ett värde som inte ska överskridas eller underskridas.

Kategori	Förväntat procentantal missnöjda personer, PPD (%)	Luftflöde per icke-adaptad person, (l/s per person)
I	15	10
II	20	7
II	30	4
IV	40	2,5

Figur 2.5 Luftflöden och förväntad andel missnöjda (översatt från tabell B.6 i SS-EN 16798-1:2019).

Reflektioner

Standardens huvudsyfte är att låsa förutsättningarna för en energiberäkning beroende på typ av verksamhet och vilken nivå av inomhusmiljö man önskar att uppnå. Med dagens avancerade simuleringsprogram för byggnader är det många gånger lättare att bestämma flera parametrar genom beräkningar i projekteringsskedet än att mäta upp vad det är i verklig drift samt i ett verkligt och varierande klimat. I vissa fall är det dock svårt att i projekteringsskedet veta vilka förutsättningar som kommer att gälla, exempelvis intern avgivning av gasformiga föroreningar från inredning och byggnadens invändiga ytskikt. Standarden anger parametrar som är de teoretiskt mest korrekta för att bestämma inomhusmiljön men som många gånger är svåra att i praktiken verifiera i en verklig byggnad under användning.

När det gäller termisk komfort så förordar standarden att huvudparametern är operativ temperatur vid given aktivitets- och beklädnadsnivå, alternativt att PMV/PPD-index (se beskrivning i Bülow-Hübe et.al. 2022) används direkt. En enkel mätning av lufttemperatur vid vägg såsom anges i TAIL-indexet är inte något som är i överensstämmelse med standarden. Dock kan vi reflektera över att indexmätning och mätning i denna standard med mer djupgående mätningar har delvis olika syften och används därmed i olika sammanhang. I standarden står exempelvis att kriterier för lokalt termiskt obehag som drag, strålningstemperaturasymmetri, vertikala lufttemperaturskillnader och golvytemperaturer ska beaktas. Detta är något som inte ingår i TAIL-indexet. Som stöd för TAIL-indexets enkla mätning av lufttemperaturen

finns dock studier (Berkeley 2021) som visar att bara mätning av lufttemperatur ger än bättre överensstämmelse med PMV (förväntat medelbetyg på den termiska komforten).

När det gäller att uppnå önskad luftkvalitet inomhus så anger standarden att detta ska uppnås på följande sätt:

1. källkontroll,
2. ventilation,
3. eventuell filtrering och/eller luftrening.

Generellt gäller att designparametrar för inomhusluftens kvalitet ska bestämmas med en eller flera av följande metoder:

1. Metod baserad på upplevd luftkvalitet.
2. Metod som använder gränsvärden för ämneskoncentration.
3. Metod baserad på fördefinierade ventilationsluftflöden.

För varje metod kan man välja mellan olika kategorier av luftkvalitet och definiera vilken lågförorenande byggnadskategori (LPB₁₋₃) som används. När det gäller ämneskoncentrationer så innehåller standarden 12 ämnen jämfört med TAIL-indexets 6 ämnen (exklusive fukt).

I standarden finns även ett kort avsnitt kring fukt och i annexen finns tabeller att använda i de fall man har aktiv befuktning eller aktiv avfuktning.

När det gäller akustisk miljö så fokuserar standarden på ljud från byggnadens tekniska installationer (fläktar, pumpar, kompressorer, hissar etc.). Detta till skillnad från TAIL-index som inkluderar allt ljud, både externt och internt genererat ljud (och i det senare faller inte bara ljud från installationer). Standarden begränsar sig dock även till A-vägd ljudtrycksnivå. I standarden nämns också den potentiellt motstridiga kopplingen mellan självdragsventilation med fönstervädning och krav på god ljudmiljö: *Ventilationen ska inte i första hand förlita sig på öppningsbara fönster om byggnaden är belägen i ett område med hög bullernivå utomhus jämfört med den nivå som ska uppnås i utrymmet inne i byggnaden.* Med TAIL-index kan man exempelvis mäta upp en mycket god ljudmiljö med stängda fönster under en vecka i februari men en mycket dålig ljudmiljö med öppna fönster under en vecka i augusti.

När det gäller ljusmiljö är det ett relativt kort avsnitt kring detta och allmänt om att den ska vara god och dagtid huvudsakligen bestå av dagsljus. Det nämns också kort att bländning ska undvikas. I respektive Annex finns dels en tabell för eller med lux-värden för olika typer av byggnader, dels en tabell för dagsljusfaktor.

Eftersom standarden är framtagen i en serie med standarder för att stödja EPB-direktivet finns avslutningsvis även ett Annex C med tabeller att använda vid energiberäkningar.

Gällande PM_{2,5} och kemiska ämnen så behövs sannolikt en modifiering gällande vilka storleksfraktioner hos partiklarna som mäts och vilka ämnen som är relevanta att analysera kvalitativt och kvantitativt.

2.4 Beloks Innemiljökrav för lokalbyggnader

Belok hänvisar i sina innemiljökrav till olika källor såsom krav och föreskrifter från olika myndigheter (Arbetsmiljöverket, Folkhälsomyndigheten och Strålskyddsmyndigheten), R1:an (EMTF 2013), samt internationella och svenska standarder.

Belok (2015) använder sig av samma övergripande indikatorer som ALDREN-TAIL:

- Luftkvalitet
- Termiskt klimat
- Ljud
- Ljus

För indikatorn luftkvalitet används ett flertal parametrar som är desamma: CO₂, luftflöde, radon, formaldehyd, och luftburna partiklar av storlek PM_{2,5}. Det som skiljer är att Belok har lagt till kvävedioxid NO₂ och luftburna partiklar av storlek PM₁₀, medan ALDREN-TAIL har lagt till luftens relativa fuktighet, bensen och synligt mögel. Förutom synligt mögel så är samtliga dessa parametrar möjliga att mäta och logga under en längre period.

För termiskt klimat har Belok samma huvudparameter - lufttemperatur. Däremot har Belok lagt till krav på strålningstemperaturskillnad, vertikal temperaturgradient och lufthastighet. Detta är dock parametrar som det kanske inte är rimligt att mäta kontinuerligt under en längre period, möjligen lufttemperatur vid olika höjder.

När det gäller ljud så ställer Belok till skillnad från ALDREN-TAIL olika krav beroende på typ av utrymme. Dessutom ställer Belok inte bara krav på A-vägd ljudtrycksnivå utan även på C-vägd ljudtrycksnivå, detta för att även fånga upp lågfrekvent ljud och buller. Som tidigare nämnts finns det ljudmätare som kan mäta båda parametrarna kontinuerligt under en längre tid.

När det gäller ljus så har Belok mätvärdet Lux gemensamt med ALDREN-TAIL. Men Belok har mer uppdelade krav beroende på typ av utrymme. Belok ställer dessutom krav på ytterligare parametrar för artificiellt ljus såsom belysningsstyrkans jämnhet, färgåtergivningsindex, färgtemperatur, bländning och flimmer. Däremot ställer Belok inget krav på dagsljusfaktor.

Reflektioner

Om man bara tittar på de indikatorer och parametrar som det är rimligt att kontinuerligt mäta och logga under en längre tid så är de i stort sett samma i Beloks innemiljökrav och i ALDREN-TAIL. Belok har däremot inget system för att väga samma olika indikatorer och parametrar till en eller flera sammanvägda indikatorer.

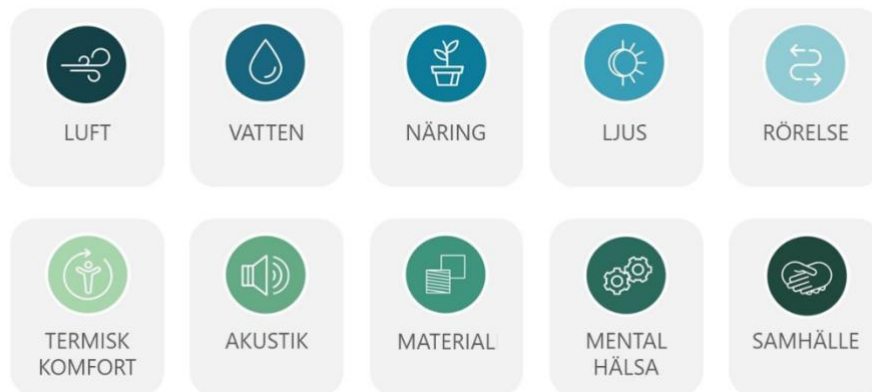
2.5 Miljöcertifiering och miljömärkning

I Sverige är det vanligt att nya byggnader certifieras avseende miljö och hälsa enligt ett frivilligt system. De internationella systemen BREEAM (Storbritannien, ca 30 år) och LEED (USA, ca 20 år) är de vanligast förekommande i genomförda projekt i svenska byggnader (Bülow-Hübe et.al. 2021). Det svenska systemet Miljöbyggnad har funnits i drygt 10 år och ska revideras till version 4. Dessa system inkluderar både miljö- och hälsoaspekter för byggnader med byggnaden i fokus. Miljöbyggnad är i dag det mest använda miljöcertifieringssystemet för byggnader i Sverige. Svanen är ett nordiskt märkningssystem för kvalitetssäkring av byggnader och byggnadsmaterial.

Miljöbyggnad iDrift är ett system med fokus på förvaltning och brukarupplevelse och är fortfarande ett ungt system. WELL har olika system som certifierar med fokus på byggnad respektive förvaltning och människors hälsa som huvudinriktning. P-märkt innemiljö utförs av RISE och är en certifiering för kvalitetssäkrad inomhus under både byggprocessen och förvaltning. Båda typerna av system tar upp inomhus på lite olika sätt.

Den svenska ideella föreningen Sweden Green Building Council bildades 2009 av ett antal svenska företag och organisationer med syftet att förse samhällsbyggnadssektorn i Sverige med certifieringssystem för byggnader, stadsdelar och anläggningsprojekt. Kriterierna i de olika certifieringssystemen utgår från World Green Building Councils plattform.

International WELL Building Institute (IWBI) samarbetar med SGBC som utbildar inom hälsocertifieringssystemet WELL men IWBI utför certifieringsarbetet. Certifiering med WELL görs enligt kategorierna listade i figur 2.6 där näring, rörelse och mental hälsa är exempel på områden som andra system saknar.



Figur 2.6 WELL systemets kategorier (från sgbc.se).

Miljöbyggnad ger status för en ny eller befintlig byggnad genom beräkningar och/eller mätningar som tredjepartgranskas och ska verifieras efter eventuell byggnation. Fokus är byggnaden. Systemet har återrapportering av vissa parametrar för att certifieringen ska gälla. I Miljöbyggnad är inomhusmiljö ett av tre områden med flest indikatorer - 8 stycken, alla obligatoriska för alla typer av byggnader (nyproduktion/befintlig/ombyggnation):

- Ljud
- Radon
- Ventilation
- Fuktsäkerhet
- Termiskt klimat vintertid
- Termiskt klimat sommartid
- Dagsljus
- Legionella

Betyget för hela byggnaden bestäms genom en aggregeringsprocedur där varje indikator först får ett betyg (brons, silver eller guld) och via aggregering i aspekter och områden erhålls ett betyg för hela byggnaden. Aggregeringsproceduren ska säkerställa att man till exempel inte bara satsar på ett område för att få ett högt betyg.

Miljöbyggnad iDrift fokuserar på arbetet med byggnaden, driften och förvaltningen. Innomhusmiljö ett av fem områden men återfinns i andra delar också. Systemet har obligatoriska och valfria kriterier och poäng samlas på de valfria kriterierna (totalt 110 poäng) och kan ge betyget brons, silver och guld för hela byggnaden. Av fem

områden inkluderar främst inomhusmiljö och hälsa indikerande innemiljökontroller, se figur 2.7.

Område	Indikator
Inomhusmiljö	 01 Kritiska rum, byggnad och installationer
	 02 Ventilation
	 03 Information till brukare
Hälsa	 04 Instruktioner för driftpersonal
	 05 Rummens funktioner
	 06 Fuktsäkerhet
Klimatpåverkan	 07 Klimatskal
	 08 Installationer och mätare
	 09 Styrning och reglering
	 10 Uppföljning och nyckeltal
Resurser	 11 Utemiljö och återvinning
	 12 Avtal, hyresanpassning och samarbeten
Skick	 13 Sakkunniginventering
	 14 Underhållsplan

Figur 2.7 Miljöklassificeringssystemet Miljöbyggnad iDrifts struktur med områden och indikatorer (hämtad från sgbc.se)

Även inom andra områden finns delar som inkluderar kontroller exempelvis sakkunnighetsinventering som utredningar av farliga ämnen och fukt/mögelskador.

Reflektioner

Det finns olika certifieringssystem varav Miljöbyggnad iDrift har fokus på förvaltning av befintliga byggnader. Upplevd hälsa mäts och data sparas genom digital felanmälan och enkäter till brukarna. Teknisk mätning ska utföras av ett antal installationssystem som ventilation och tappvatten. I kombination med radonmätningsrapporter och sakkunnighetsinventering bör byggnader där Miljöbyggnad iDrift används kunna utgöra ett bra underlag till att få fram data om innemiljön på parametrar som påverkar människors hälsa eftersom det samtidigt ska loggas hur brukarna upplever innemiljön.

Förutom temperatur förekommer det inte krav på mätning av inomhusluften som exempelvis halten CO₂, VOC, partiklar, relativ luftfuktighet eller radon. Med dagens teknik finns det all möjlighet att koppla på olika sensorer för att kontinuerligt övervaka, styra och logga data som skulle kunna användas vid de årliga utvärderingar som iDrift ställer krav på.

Mer information:

- Det mesta om certifieringssystem hittar man på Sweden Green Building Council (SGBC) hemsida: <http://sgbc.se/certifiering/>
- International WELL Building Institute (IWBI): <https://www.wellcertified.com/>
- P-märkt inomhusmiljö och energianvändning: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/p-markt-innemiljo-och-energianvandning>
- Den nordiska märkningen Svanen: <https://www.svanen.se/att-svanenmarka/>

2.6 SWESIAQ

SWESIAQ är en svensk oberoende och ideell förening som även är den svenska nationella avdelningen av den internationella inomhusmiljöorganisationen *International Society of Indoor Air Quality and Climate* (ISIAQ). En metod, SWESIAQ-modellen, är framtagen för systematisk utredning och stöd vid inomhusmiljöutredningar och problem med människors hälsa (SWESIAQ 2017). Huvudfokus ligger på luftkvalitet och att alltid utreda:

- Fukt i byggnadsmaterial
- Emissioner från mikrobiell påväxt
- Emissioner från byggnadsmaterial
- Emissioner från inredning och aktiviteter
- Förorenad luft via tilluften
- Förorenad luft via okontrollerat luftläckage
- Otillräcklig luftväxling

Andra individuellt kritiska miljöfaktorer bör enligt SWESIAQ alltid utredas parallellt. Det gäller andra tekniska och psykosociala miljöfaktorer samt individspecifika faktorer. Här rekommenderas även utredning av medicinskt kompetent personal som läkare.

I metoden beskrivs tydligt att luftanalyser inte kan ersätta en inomhusmiljöutredning eftersom kunskaperna är bristfälliga när det gäller hälsoeffekter av de kemiska och fysikaliska analyser som vanligt förekommande på marknaden.

När det gäller regelverk för inomhus så hänvisar SWESIAQ till Folkhälsomyndighetens allmänna råd. (Folkhälsomyndigheten 2014a, 2014b, 2014c, 2014d)

Slutsatsen av SWESIAQs råd är att olika typer av provtagning och analyser av luft inte kan ge samma information och slutsatser som en inomhusmiljöutredning ger.

Mer information:

- SWESIAQs råd och modell finns på hemsida <https://swesiq.se/>.

2.7 Obligatorisk ventilationskontroll – OVK

Obligatorisk ventilationskontroll – OVK – är ett svenskt system som har funnits 1991. I plan- och bygglagstiftningen finns bestämmelser om obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystem i byggnader, OVK. Kontrollen ska utföras av en certifierad sakkunnig funktionskontrollant, vanligen medlem i föreningen Funkis – Sveriges funktionskontrollanter. Det är byggnadens ägare som ska se till att OVK utförs enligt bestämmelserna i plan- och bygglagen, PBL, plan- och byggförordningen, PBF, samt Boverkets föreskrifter. Samhällets tillsyn över att reglerna följs ligger på kommunens byggnadsnämnd.

Reflektioner

Även om syftet från början har varit bredare så är det i praktiken en mätning av att byggnadens ventilationssystem uppfyller de krav på luftflöden (vanligen minimikrav) som gällde när byggnaden uppfördes (eller en större ombyggnad skedde).

När det gäller CAV-system med konstanta luftflöden är det ganska enkelt att bestämma under vilka förutsättningar luftflödena ska mätas och därigenom verifiera att systemet uppfyller ställda krav. För VAV/DCV-system med varierande luftflöden är det inte alls lika enkelt och självklart. Det är exempelvis i många fall inte rimligt att systemet ska kunna klara maximalt flöde i samtliga utrymmen samtidigt. Här saknas för närvarande bra anvisningar för under vilka förutsättningar mätningar ska ske för att verifiera en god funktion. Detta gäller för både beställare och OVK-kontrollanter. I de fall personbelastningen är dimensionerande kan loggning/mätning av CO₂-halt i frånluft och/eller i vistelsezon användas för bedömning av ventilationssystemets funktion. Man bör dock beakta att även ute- eller tilluftshalten av CO₂ i vissa situationer kan vara kraftigt förhöjd. Automatisk kontinuerlig OVK, dvs. att automatiskt övervaka ventilationssystemet, genom sensorer som kontinuerligt registrerar de mätvärden som ingår i en OVK under normal drift kan då vara ett bra alternativ.

2.8 IEA Annex86

Annex 86, Energy Efficient Indoor Air Quality Management in Residential Buildings är ett projekt som pågår inom det internationella samarbetet under IEAs (International Energy Agency) EBC-program (Energy in Buildings and Communities programme) (Annex86 2021).

I delprojekt ett ska en utveckling av en metod för bedömning av IAQ (Indoor Air Quality Management) tas fram. Här arbetar man med att ta fram aspekter såsom relevanta hälsoparametrar, komfort, produktivitet, hållbarhet, resiliens och ekonomiska faktorer för boendemiljöer. Aggregering av data och val av indata ska göras för att kunna optimera processen. Metoden för att utvärdera och bedöma utgår från systematisk analys av IAQ styrning, hantering och i relation till hur varje parameter och variabel kan väljas. Arbetet kräver studier av verkliga case som kan utvärderas och matchas mot rätt parameter.

Delprojekt två handlar om kartläggning av IAQ i typmiljöer och karaktärisering av källor som påverkar IAQ. Litteraturstudier, övervaknings- och mätkampanjer samt utvärdering och framtagning av modell för karaktärisering av källor ska utföras. Rapportering av karaktäriseringen av bostäder, skapande av en "open access"-databas med emissionsdata från IAQ-källor samt en databas över boendes IAQ ska levereras.

Arbetsmaterialet, föreläsningar och webinar från Annex 86 finns delvis tillgängligt på hemsidan <https://annex86.iea-ebc.org/> och AIVC (2021). Det bör beaktas att det är ett pågående arbete som inte rapporteras komplett för allmänheten förrän 2025 när projektet ska avslutas.

Reflektioner

Tills slutrapporten är publicerad så kommer sannolikt det mesta material att hållas inom gruppen av deltagande parter.

2.9 Loggande sensorer

Sensorer för mätning och loggning av data finns idag för ett antal parametrar som är relevanta för inomhusmiljön. Kostnadsnivåerna har minskat avsevärt de senaste åren för sensorer, loggande och uppkoppling via internet. Därför finns det idag tillgång och

möjligheter som tidigare saknats. Datamängderna som genereras växer samtidigt och flera utmaningar ligger i att jämföra och utvärdera data mot relevanta kriterier.

Kalibrering av sensorerna mot standarder och sinsemellan är en svår utmaning. Här kan förhoppningsvis en kombination av kontinuerlig datainsamling och användning av multivariat dataanalys och AI förbättra utvärdering och tolkning av resultaten för inomhusmiljön.

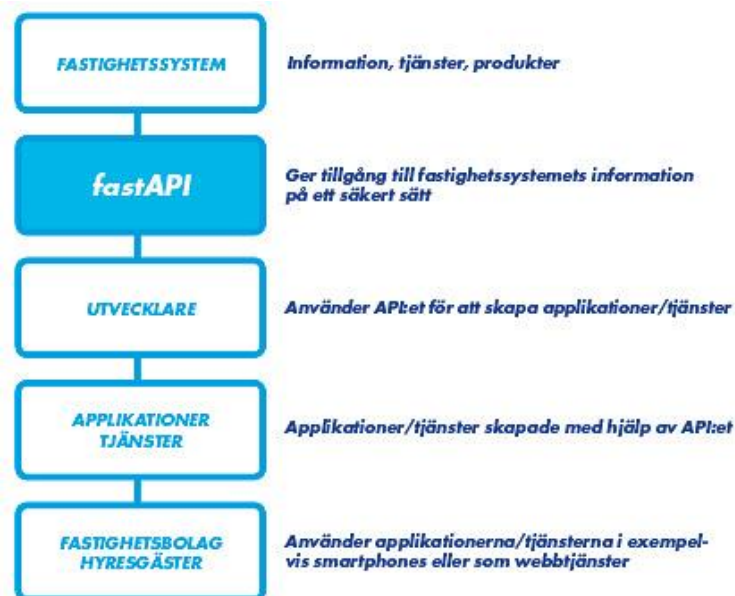
Identifierade kritiska moment just nu är:

- Kalibrering av enskilda sensorer och sensortyper som grupp
- Samla data från olika loggande sensorsystem
- Utvärdera och lära från sparad data
- Hur inkludera data om människors mående, enkäter, jämfört med loggade data.

2.9.1 Branschstandard för digitalisering

FastAPI är en gemensam branschstandard för integration med fastighetssystem som skapar förutsättningar att sänka kostnader genom delade tjänster och utveckling (källa: <https://www.sverigesallmannnytta.se/digitalisering/fastapi/>). Bakom utvecklingen står Sveriges Allmännytta och satsningen är ett led i processen mot att allmännyttans fastighetsbolag ska arbeta med öppna standarder och öppna data.

Ett nyligen avslutat Vinnova-projekt har arbetat med att skapa en nationell plattform för delning av fastighetsdata mellan aktörer. Se vidare www.fastighetsdatalabb.se. Ett stort antal aktörer står bakom Fastighetsdatalabb, och projektet leddes av RISE.



Figur 2.7 Flödesschema som beskriver fastAPI läge i den digitala delen av fastighetssystemet (källa <https://www.sverigesallmannnytta.se/digitalisering/fastapi/>)

2.10 Enkäter

Arbete med undersökningar om vad kunderna/brukarna anser är viktigt och känner sig delaktiga/lyssnade på är grunden i bra enkäter. Ett enkelt och tydligt exempel på enkät är kundnöjdhetsundersökningar som rätt utförda ger ett bra mått på vad brukarna anser och hur de känner sig delaktiga.

I en rapport från Belok (Filipsson & Nakos Lantz 2018) betonas betydelsen av att undersöka brukarnas komfort, hälsa och produktivitet som en väl beprövad metod för att utvärdera hur bra en byggnad presterar. Slutsatser från ett stort antal genomförda enkäter visar på många intressanta och till viss del oväntade fynd. Byggnader med bra, normal och dålig inomhusmiljö sett till teknisk status får vid utvärdering av enkätsvar resultat på upplevd komfort och nöjdhet med spridning från dåligt till bra. En del av förklaringen ligger i att människor helt enkelt uppfattar och värderar betydelsen av olika faktorer på olika sätt. Filipsson et.al. (2018) skriver att endast några få procent av ett byggnadsbestånd klarar kravet i miljöklassificeringssystemen på 90 % nöjdhet bland brukarna.

Tabell 2 Sammanfattning av elva befintliga enkäter

Enkät	Termisk komfort	Luftkvalitet	Ljus	Ljud	Städning	Hälsa (symptom)	Produktivitet	Personlig bakgrundsdata	Placering	Kontor	Bostäder	Online	Papper	Tidsåtgång [minuter]	Ursprung	Syfte
Miljöbyggnad 3.0														2	Swedish Green Building Council	Att verifiera inomhusmiljöns kvalitet i samband miljöklassning.
MM-enkäten														6	Arbets- och miljömedicin, Universitetssjukhuset Örebro	Att hantera situationer med diffus symptom och klagomål på inomhusmiljön.
BETSI														5	Boverket	Att svara på om och i så fall hur inomhusmiljön påverkar hälsan.
BE3														2	CURAB AB	Att få brukarnas bedömning av inomhusmiljön samt att identifiera fel och brister i byggnaden.
CBE (Occupant IEQ) EcoEffect														6	Centre for the Built environment, University of California	Att utvärdera byggnadens prestanda och att upptäcka eventuella problem.
Folkhälsomyndighetens miljöhälsoenkät														17	Högskolan i Gävle och KTH	Att visa byggnadens kvaliteter/brister, bistå vid planering och underhåll och att få åtgärder bekräftade av brukarna.
Stockholms innemiljöenkät														7	Folkhälsomyndigheten och Karolinska Institutet	Att kartlägga miljöns effekter på människors hälsa.
ASHRAE 55														2	Arbets- och miljömedicin, Akademiska sjukhuset, Uppsala	Att utvärdera upplevd inomhusmiljö och hälsa.
Kontrollstation														2	ASHRAE	Att utvärdera brukarnas upplevelse av det termiska klimatet.
SCATs														7	RISE	Att få underlag till att utveckla byggandet av lågenergibyggnader med god inomhusmiljö.
														3	Oxford Centre for Sustainability Development	Att undersöka samband mellan upplevd termisk komfort och temperatur inne och ute.

■ 1-2 frågor
 ■ Fler än 2 frågor

Figur 2.8 Tabell hämtad från Beloks rapport om enkäter (Filipsson et.al. 2018).

Utformning av enkäter, så att svaren går att utvärdera som ett bra mått på hur en byggnad klarar att prestera, är komplicerat på mer än ett sätt. Det är det enda idag förekommande sättet att på ett bra sätt mäta nöjdheten med en byggnad. Enkla enkäter med få frågor och få alternativ ger generellt högre svarsfrekvens bland brukarna, vilket är en avgörande parameter. Allt för enkelt utformade enkäter ger inte svar som är tillräckligt detaljerade för att få fram data som kan användas till att besluta om korrekt åtgärd. Enkäter ska därför vara utformade på kunskap som tagits fram i den omfattande forskning som finns och listas i Beloks rapport (sammanfattas i Filipsson et.al. 2018).

Fler enkäter förekommer med till exempel som Örebroenkäten. Vissa delar av enkätundersökningar kan utökas, kompletteras och förfinas med andra testdata som exempelvis egen upplevd produktivitet.

2.1.1 Okulära kontroller

I olika delar av processen att kontrollera inomhusmiljön kan okulära kontroller behövas. Om resultaten i enkäter och felanmälningar indikerar att det finns innemiljöproblem som inte fångas upp vid de enklare loggande långtidsmätningarna kan det finnas behov av att besöka byggnaden för att göra okulär kontroll. Det kan exempelvis handla om att titta på typ av tilluftsdon och deras placering, uteluftsintag i förhållande till omgivande

avluftsgaller, om rätt typ av tilluftsfilter är installerat, intagskanalers renhet, tilluftens temperatur, typ av inredning och dess skick, fuktskador, loggande givares placering etc.

Syftet med platsbesök och kontroller inbegriper att okulärt observera hur det ser ut på plats jämfört med enkätsvar och felanmälningar. Det inkluderar även att få underlag för beslut om det krävs en insats från sakkunnig, om mätutrustning ska placeras ut etc. så att andra typer kontroller utförs och data inhämtas.

Med den teknikutveckling som pågår finns det även möjlighet att delvis komplettera eller ersätta okulära kontroller med foto och 3D-skanning (vilket underlättar möjligheten att anlita annan expertis). Det kräver dock att någon utför första momentet men kan ersätta det initiala platsbesöket av en sakkunnig och på så vis effektivisera arbetsgången.

2.12 Stickprovskontroll med momentanmätning

Om enkäter och/eller den okulära kontrollen indikerar att det finns inomhusmiljöproblem som inte fångas upp vid de enklare loggande långtidsmätningarna kan det finnas behov av att utföra kompletterande stickprovsmätningar, momentant eller under en kortare tidsperiod. Det kan exempelvis vara att mäta upp temperaturgradient i höjddled, golvtemperatur eller strålningsasymmetri nära ett större fönsterparti. Det kan också vara fuktutmätning i konstruktioner vid misstänkta fuktproblem eller fuktkritiska delar av byggnaden.

Gällande ett stort antal kemiska ämnen som kan vara aktuella att mäta i en byggnad så saknas idag alternativ till att utföra stickprovsmätningar genom provtagning och efterföljande analyser på laboratorium. Föroreningar utan akuttoxiska effekter, som asbest, PCB och PAH m.fl., saknas det helt teknik för att logga med sensorer. Hälsoeffekterna av denna typ av ämnen med långtidseffekter fångas dessutom inte upp av enkäter eftersom människor inte upplever ohälsa som en primär effekt av dessa. Sakkunnighetskontroller enligt exempelvis Miljöbyggnad iDrift med platsbesök, provtagning och analyser är således den idag enda fungerande tekniken.

2.13 Databaser

I ett tidigare projekt utfört av Boverket (Sweco & RISE 2020) har nulägesbeskrivning utförts kring ”vilken data som potentiellt finns tillgänglig att kunna dela, vilken data i den datamängden som bör följas samt hur olika aktörer ser på risker och möjligheter med att använda och dela öppna data. Fokus har legat på data som uppdateras kontinuerligt”. Nulägesbeskrivningen lyfter bland annat:

- Utvecklingen av sensorer och sensorsystem är stark.
- Mängden sensorer i byggnader ökar.
- Utvärderingsmodeller utvecklas snabbt.
- Samtidigt finns osäkerhet om vad som behöver kontrolleras.
- Svårighet att sammanställa data för hela byggnadsbeståndet och det behövs mer konsensus kring öppen data.
- Det finns initiativ som kan bidra till mer konsensus, såsom t.ex. det Vinnovafinansierade projektet Fastighetsdatalabbet.

Exempel på aktuellt arbete där data från arkiv och databaser används för kontroll av riskerna att farliga ämnen och material kan förekomma i byggnader kan ses i ett pågående projekt där en AI används för att identifiera vilka byggnader som kan innehålla de normalt sett förekommande miljö- och hälsostörande ämnena som byggts in. Det är Lunds tekniska högskola avdelningen för byggnadsfysik som forskar inom området varav delresultat finns publicerat in en licentiatuppsats (Wu 2022).

2.14 Vägledningar från olika myndigheter

Svenska myndigheter såsom Boverket, Arbetsmiljöverket och Folkhälsomyndigheten ger i form av krav och allmänna råd vägledning kring hur man uppnår en god eller acceptabel inomhus med avseende på olika egenskaper såsom luftflöden, luftkvalitet, termisk komfort, buller, belysning, fukt och mikroorganismer. Det finns dock inte hos någon av dessa myndigheter en sammanvägning eller sammanställning som på ett lätt överskådligt sätt redovisar ett mått på hur bra inomhusmiljön är totalt sett och med avseende på olika aspekter. Kravställningens huvudsakliga funktion är att personer inte ska drabbas av ohälsa inomhus.

3 Summering

3.1 Slutsatser

Generellt är spridningen och diversiteten gällande innehållet och omfattningen på vilka parametrar som kontrolleras i inomhusmiljön mycket stor med storleksordningen 100-talet parametrar. Regelverk och kravspecifikationer kring indikerande inomhusmiljökontroller saknar sammanhållande och tydligt uttalad struktur sett till de myndigheter som ska ansvara för densamma. Det gäller nationellt och internationellt varför en del i problematiseringen sannolikt kommer av att det saknas konsensus oavsett perspektiv och nivå. Internationella förlagor och goda exempel saknas därmed vilket innebär att arbetet med att mejsla ut en tydlig och strukturerad strategi hamnar på nationell nivå.

Det förekommer även ett visst mått av diskrepans gällande krav på regional och lokalnivå. Vissa regioner och kommuner har ett mer stringent angreppssätt gällande krav enligt miljöbalken där kontroller av inomhusmiljön inkluderas. Bristen på en samlad lagstiftning och en tydlig tolkning av lagen för inomhusmiljön kan sannolikt vara grunden till orsaken i diskrepans.

Det finns exempel på internationellt framtaget index avseende inomhusmiljö, ALDREN-TAIL som omfattar tolv parametrar som resulterar i fyra index (termisk komfort, akustik, luftkvalitet, ljus) som presenteras visuellt med färger. ALDREN-TAIL är ett index-system som är under utveckling och som har testats endast på enstaka byggnad. Anpassning kan dessutom behöva göras till olika byggnadstyper. Systemet påminner delvis om de befintliga klassificeringssystemen med skillnaden att exempelvis Miljöbyggnad iDrift och BELOK omfattar fler delar än indikerande inomhusmiljökontroller och att sammanvägningen landar i en slutlig nivå/index guld, silver, brons för samtliga områden.

För en eventuell tillämpning av ALDREN-TAIL i Sverige kan viss anpassning behövas. Framför allt avser det delar som rör:

- fukt- och mögelskador.
- lågfrekvent buller bedöms som en viktig inomhusmiljöparameter och som saknas i ALDREN-TAIL.
- de två ämnen som tas upp i ALDREN skulle möjligen kunna ersättas med en sammanvägning av kemiska ämnen i luft som baseras på liknande riskfraser.
- partiklar där dagens PM_{2,5} skulle kunna ersättas eller kompletteras med PM₁.

Avseende övriga parametrar kan dessa med stor sannolikhet även tillämpas i svenska byggnader, även om vissa reflektioner till förbättrad anpassning finns i rapporten.

Tidsaspekten bedöms vara en viktig parameter även i ett indexsystem. Man kan behöva följa olika parametrar under lång tid för att kunna identifiera avvikelser som behöver åtgärdas. Helst bör man fånga olika årstider. Återkommande och kontinuerlig uppföljning ger ett bra underlag för att veta om inomhusmiljön är god eller om förändringar avseende inomhusmiljöparametrarna sker som behöver åtgärdas.

Det är inte självklart hur VAV/DCV-systems funktion ska kontrolleras med en traditionell OVK, detta då ventilationssystemet sällan är dimensionerat för att ge maximalt flöde i samtliga utrymmen samtidigt. Automatisk kontinuerlig OVK, dvs. att automatiskt övervaka ventilationssystemet, genom sensorer som kontinuerligt registrerar de mätvärden som ingår i en OVK under normal drift kan då vara ett bra alternativ.

Med den pågående och snabba utvecklingen av mät- och övervakningsutrustning kommer nya möjligheter. Att mäta kontinuerligt, med hög frekvens, stora mängder data och användning av maskininlärning och AI följer också möjligheter att inte behöva välja vilka parametrar som är viktigast och vad varje parameter betyder. Det samlade biometriska värdet av alla parametrar som mäts och loggas kommer sannolikt leda till "fingeravtryck" där olika nivåer av kvalitet på inomhus kan extraheras. Kanske går det att först i detta läge bättre förstå vad som behöver mätas, var och hur? Särskilt intressant kan det bli när fler brukares hälsodata loggas, via sensorer i smarta klockor, kläder m.m. samtidigt som inomhusmiljödata loggas och samkörs av AI. Då inkluderas även dålig inomhus som i vissa fall kan dölja risker med inomhusmiljön för människors hälsa men som då inte behöver upplevas och noteras. Exempel på en liknande parallell process är diagnostik av patienter inom vården. En medicinsk AI kan enligt en referens i många fall redan i dag ställa en korrekt diagnos på patienter. (Richens et.al. 2020).

Vissa parametrar behöver följas upp på annat sätt än via loggande sensorer. Exempel på dessa, som dessutom saknas i exempelvis ALDREN-TAIL, kan vara:

- Fukt- och mögelskador går inte att fånga med luftprovtagning idag, endast om sporer når inomhusmiljön kan dessa mätas vilket dock inte är det vanliga problemet i Sverige. Fukt- och mögelskador fångas idag via avvikande lukter, fuktinventering, provtagning för mikrobiologisk analys, inbyggda loggande fuktsensorer m.m.
- Fuktmätning. I projektet *Behov av fuktrelaterad FoU* (Svensson Tengberg et.al. 2019) lyfts behov av utveckling inom fuktområdet och ett exempel är "Fuktmätning för olika tillämpningar – det finns ett behov av enkla, robusta och billiga mätmetoder framför allt för indikationsmätningar men även loggning under längre tidsperioder, inklusive driftskedet."
- Ljusaspekter såsom bländning.
- Upplevelse av inomhus och hälsotillstånd kopplat till inomhus fångas via enkäter.

Frågan om hönan och ägget uppkommer även i ett indexsystem. Man kan behöva följa olika parametrar som kan vara relevanta att mäta och då på rätt sätt. Men samtidigt måste arbetet med att veta om inomhusmiljön är god eller om förändringar avseende inomhusmiljöparametrarna sker som behöver åtgärdas.

Anpassning till typ av byggnad kan exempelvis göras där det framför allt bedöms vara gränsvärdet för bedömning av indexet som kan vara av olika nivåer beroende på verksamhet och typ av byggnad. De olika parametrarnas uppföljning är dock i allmänhet relevant för olika verksamheter.

Beakta att det finns många system som är "besläktade", såsom exempelvis Miljöbyggnad iDrift och WELL, och att det kan finnas behov av tydlighet och motivering ifall nya system ska införas.

3.2 Förslag på fortsatt arbete

Denna kartläggning av nuläget om indikerande inomhusmiljökontroll kan kompletteras med intervjuer och sammanställning av erfarenheter. Det kan vara bra att samla några goda exempel på erfarenheter i Sverige. Det kan finnas ytterligare behov som kan identifieras med indikerande inomhusmiljökontroll.

Ett intressant utvecklingsområde är loggande sensorer och databaser. Även här kan intervjuer med utvecklare och användare som använder Miljöbyggnad och har stor

erfarenhet av sensorer och loggande system vara lämpliga. Lönsamt och kundnytta kan vara lämplig att utreda.

Referenser

- AIVC (2021) *AIVC & Annex 86 Webinar: Smart materials for energy efficient IAQ management* [weblänk](#)
- Aldren (2019) *ALDREN-TAIL index*. <https://aldren.eu/aldren-tail/>
- Annex86 (2021) *IEA EBC - Annex 86 - Energy Efficient Indoor Air Quality Management in Residential Buildings*. <https://annex86.iea-ebc.org/>
- Arbetsmiljöverket (2009) *Arbetsplatsens utformning*. (AFS 2009:2)
- Belok (2015) *Innemiljökrav för byggnader*. Version 4. November 2015. [Nedladdningslänk](#)
- Berkeley (2021) *CBE Thermal Comfort Tool* <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>
- Bülow-Hübe H, Gao C, Tillberg M, Warfvinge C & Persson M (2022) *Nuläge termisk komfort – en kunskapsammanställning*. Malmö universitet. [Rapportlänk](#)
- EMTF (2013) *R1 - Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav*. Energi- och Miljötekniska Föreningen.
- Filipsson P & Nakos Lantz H (2018) *Enkät för utvärdering av brukarkomfort – Förstudie*. CIT Energy Management AB [Rapportlänk](#)
- Folkhälsomyndigheten (2014a) *Allmänna råd om buller inomhus* (FoHMFS 2014:13)
- Folkhälsomyndigheten (2014b) *Allmänna råd om fukt och mikroorganismer*. (FoHMFS 2014:14)
- Folkhälsomyndigheten (2014c) *Allmänna råd om temperatur inomhus*. (FoHMFS 2014:17)
- Folkhälsomyndigheten (2014d) *Allmänna råd om ventilation*. (FoHMFS 2014:18)
- Länsstyrelsen Dalarna (2020) *God inomhusmiljö i förskola och skola – En handbok för ljus, ljud och luft*. [Rapportlänk](#)
- Richens, J.G., Lee, C.M. & Johri, S. Improving the accuracy of medical diagnosis with causal machine learning. *Nature Communications* 11, 3923 (2020). [Rapportlänk](#)
- Rise (2015) *SPCR114/114E Certifieringsregler för P-märkning avseende inomhusmiljö och energianvändning* [Standardlänk](#)
- Sikander E, Gustavsson T, Persson M (2021) *Kontrollverktyg för god inomhusmiljö* [SBUF Rapport 13853](#)
- SS-EN 16798-1:2019 *Byggnaders energiprestanda - Ventilation för byggnader- Del 1: Indataparametrar för inomhusmiljö för konstruktion och bestämning av byggnaders energiprestanda gällande luftkvalitet, termiskt klimat, belysning och akustik - Modul M1-6*
- Svensson Tengberg C, Gränne F, Gunnarsson M, Hedlund H, Rapp T (2019) *Behov av fuktrelaterad FoU*. [SBUF Rapport 13299](#)
- Sweco & RISE (2020) *Nulägesbeskrivning BITS – Databasprojektet*. Manuskript 2020-04-15
- Sweden Green Building Council (2020) *Manual för Miljöbyggnad iDrift, version 1.0*. [Nedladdningslänk](#)
- SWESIAQ (2017) *SWESIAQ-modellen version 6.0*. [Nedladdningslänk](#)

Wargocki P, Wei W, Bendžalová J, Espigares-Correa C, Gerard C, Greslou O, Rivallain M, Sesana M M, Olesen B W, Zirngibl J, Mandin (2021) TAIL, a new scheme for rating indoor environmental quality in offices and hotels undergoing deep energy renovation (EU ALDREN project). *Energy and Buildings* Volume 244, 1 August 2021, 111029 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111029>

Wei W, Mandin C, Wargocki P (2020) Application of ALDREN-TAIL index. *REHVA Journal*. August 2020

WHO World Health Organization (2009) *WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould*, ISBN: 9789289041683

WHO World Health Organization (2010) *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, ISBN: 9789289002134

WHO World Health Organization (2021) *Policies, regulations & legislation promoting healthy housing: a review*, ISBN: 978-92-4-001129-8

Wu, Pei-Yu (2022). *Predicting hazardous materials in the Swedish building stock using data mining*. Licentiate thesis, Lund University. [Nedladdningslänk](#)

Internet

International WELL Building Institute (IWBI) hemsida: <https://www.wellcertified.com/>

Sweden Green Building Council (SGBC) hemsida: <https://www.sgbc.se>