

FUNKTIONSINDIKATORER

En metod för fuktsäkerhetsprojektering

Veronica Yverås

2011.05.21, Oslo

Förord

Den här rapporten har tagits fram för att illustrera och exemplifiera några av de resultat som kommit fram inom forskningsprojektet.

Projektet har finansierats gemensamt av FoU-Väst/SBUF, JM AB, Formas och CMB. Ett stort tack till finansiärerna och projektgruppen som följt arbetet.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	4
2	Mål och avgränsningar	5
3	Erfarenheter från praktisk projektering	6
4	Förpackning av erfarenheter	7
4.1	Uppbyggnad och läroprocess av NN.....	7
4.2	Upplärning av ett nätverk	8
4.3	Systemet	8
5	ANN och uteluftsventilerade krypgrunder	9
5.1	Indata och utdataparametrar	9
5.2	Resultat	12
6	Vem är bäst; människa eller Artificiell intelligens?	12
7	Fungerar det alltid?	14
8	Möjligheter	15
9	Referenser	16
10	Publikationer ur projektet	17

1 Bakgrund

Det är ingen nyhet att fukt är ett problem för både brukare, fastighetsägare och byggindustri. Det är inte ett problem som bara existerar inom Sveriges gränser. Enligt Adan *et al* (2004) uppskattas det kosta €9 miljarder i EU att åtgärda fuktrelaterade skador. I Norge har motsvarande kostnader beräknats till ca NOK 10 miljarder (Lisø, 2007) varav hälften är kostnader av skador innan byggnaden är färdigställd. Det är med andra ord inte ett problem som bara existerar inom Sveriges gränser. Vi vet idag att projekteringsprocessen har ett stort inflytande på slutresultatet och det gäller även den färdigställda byggnadens fuktsäkerhet. Omkring 50-60% av fuktskadorna kan härröras till planerings- och projekteringsfasen (Kvande & Lisø, 2010), dvs drygt hälften av felet begått redan innan man hunnit sätta spaden i backen.

När det gäller fuktsäkerhetsprojektering så finns det enligt Sandin (1998) tre metoder att tillgripa:

1. Kvantitativ
2. Kvalitativ
3. Väl beprövade lösningar.

Samtliga 3 metoder har sina för och nackdelar. Den sista av dem, väl beprövade lösningar, fungerar bara om och när den beprövade lösningen helt överensstämmer med projektets förutsättningar. Här gäller det också att känna till vilka de avgörande parametrarna är. Man kan således inte hämta en bygglösning från Stockholm och applicera det på ett projekt i Göteborg och förvänta sig samma resultat då klimatet skiljer sig. Vid kvantitativ bestämning av fuktillståndet i en byggnadsdel ställs höga kompetenskrav att dels genomföra fuktberäkningar och dels att tolka resultaten (Sandin, 1998). Den kvalitativa metoden erbjuder en förenklad variant där man utifrån en välkänd konstruktion gör små förändringar och bedömer om dessa har en negativ eller en positiv inverkan på konstruktionen.

Att göra kvalitativ fuktsäkerhetsprojektering under den tidiga projekteringsfasen är inte lämplig då tillgången och detaljeringsgraden på projektdata är relativt liten. Ett bedömningsverktyg i detta skede måste kunna hantera förenklad indata vilket i sin tur innebär att man får förenklad utdata för att kunna göra en första grov uppskattning. För tillfället finns det inte den typen av verktyg tillgänglig varför konsulterna får förlita sig på tidigare erfarenhet och på kunskap som finns tillgänglig genom litteraturen.

Dessvärre är erfarenhet en kunskapskälla som är svår att bemästra, dvs fångas in och för att göras brukbar och tillgänglig. Artificiell Intelligens (AI) har blivit ett populärt redskap i just sådana sammanhang. Den gör det möjligt att extrahera kunskap ur erfarenheter för att sedan appliceras i ett prediktionsproblem. Exempel på områden som brukat tekniken är juridik, medicin och ekonomi som i sammanhanget använt sig av verklig data eller erfarenheter från experter för att bygga upp den artificiellt intelligenta verktyget.

För att förenkla beslut som har komplicerade sammanhang kan funktionsindikatorer vara ett alternativ. Funktionsindikatorer ser vi ofta runt om oss i vardagslivet, figur 1. Funktionsindikatorer ska underlätta och ge underlag till beslutsfattare som inte har insikten/kunskapen i komplexa sammanhang att sätta sig in i detaljer. Även om funktionsindikatorer ger oss grova uppskattningar av verkligheten så kan det ändå vara illräcklig information för att fatta kloka beslut. Genom att fånga verkliga erfarenheter från konstruktioner med avseende på fuktsäkerhet så skulle kunskapen kunna

göras mer tillgänglig för konsulterna och framförallt skulle det kunna ge kunderna en bättre möjlighet att förstå konsekvensen av sina beslut.

Hypotesen för föreliggande avhandling har därför sammanfattats enligt följande:

”En metod att förutsäga funktionen baserad på artificiell intelligens och funktionsindikatorer kan appliceras i det tidiga projekteringsstadiet för att initiera fuktsäkerhetsprojekteringsprocessen.”

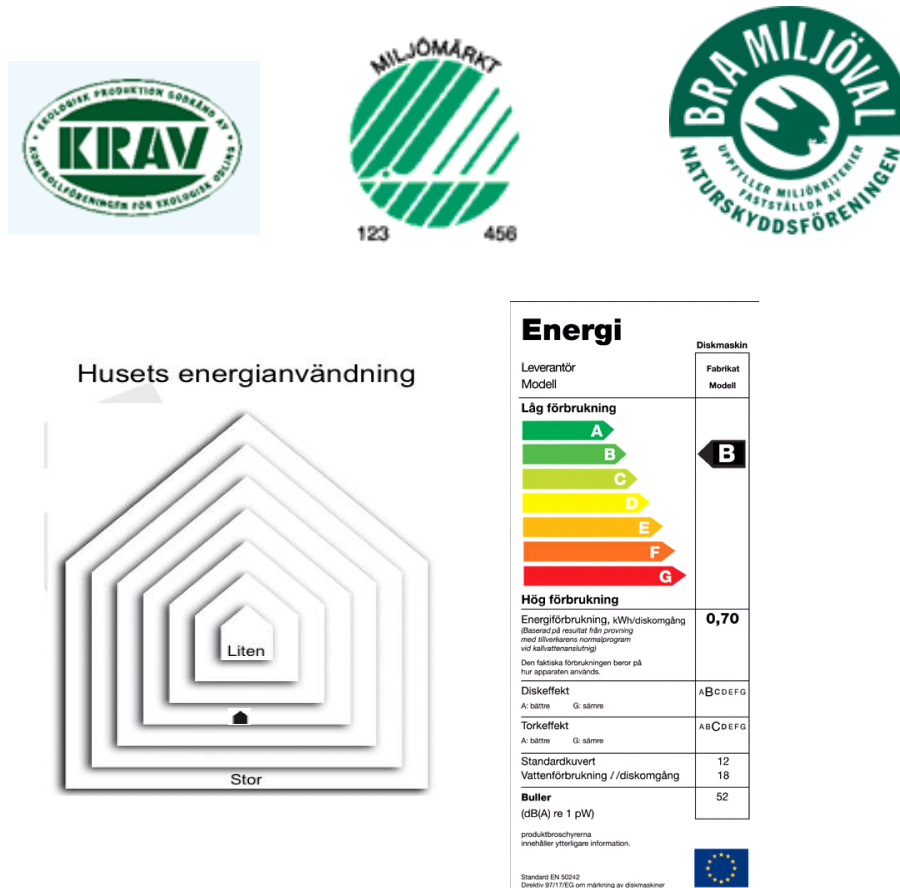


Fig. 1 Exempel på funktionsindikatorer runt om oss.

2 Mål och avgränsningar

Målet med projektet var att utveckla och erhålla kunskap om en annan metod för fuktsäkerhetsprojektering baserad på artificiell intelligens och funktionsindikatorer för att kunna åstadkomma friska byggnader. Arbetet delades in i följande tre steg:

1. Utvärdera och välja ett lämpligt AI-system för uppgiften.
2. Applicera systemet på en byggnadsdel och validera.
3. Relatera metoden till nuvarande projekteringsprocess och utvärdera den i förhållande till möjliga användare.

Projektet fokuserar på det tidiga projekteringskedet där de första grundläggande systemvalen bestäms. Vidare så omfattar detta bara fuktrelaterade frågor där felaktiga beslut kan leda till dålig inomhusmiljö pga mögel eller försämrade bärlighet i konstruktioner pga röta eller rost.

Syftet är inte att analysera och utvärdera alla tillgängliga AI-system då det skulle vara allt för tidskrävande. Av samma anledning kommer appliceringen av metoden att avgränsas till tillgängliga programvaror för artificiell intelligens.

Appliceringen av AI begränsas till endast en konstruktion, den uteluftsventilerade krypprunden. Resultaten av detta projekt är därför bara helt applicerbara på konstruktioner med liknande förutsättningar. T.ex. är den uteluftsventilerade krypprunden en relativt öppen konstruktion som tillåter inspektion utan åverkan.

3 Erfarenheter från praktisk projektering

Inledningsvis i projektet gjordes det en intervjustudie i samarbete med ett annat forskningsprojekt som resulterade i en artikel, "*A Swedish perspective on the prevention of moisture problems during the design phase*", (Burke & Yverås, 2004). Syftet var att göra en inventering över hur man jobbar med och förhåller sig till fuktfrågan bland konsulter/projektörer. För hur kan det komma sig att med all tillgänglig kunskap inom fuktområdet så uppstår fortfarande fuktproblem i nybyggda hus?

Specifikt för detta projekt var huvudsyftet att relatera resultatet till hur man kan använda sig av funktionsindikatorer för att förbättra beslutsunderlaget under projekteringsfasen. Under 2003 genomfördes intervjustudien bland 8 konsulter på olika konsultföretag i Göteborgs- och Malmöregionen och resultatet kan kortfattat sammanfattas i tre punkter relaterat till fuktfrågor under projekteringsfasen.

- Erfarenheter är ett beslutsunderlag
- Låg användningsgrad verktyg
- Befintliga verktyg dyra, svåra, och tidskrävande

Erfarenheter anges som ett beslutsunderlag trots att erfarenhetsåterföringen i stort sett är obefintlig. I stort sett menas att så länge ingen kund klagat så har lösningen fungerat vilket i praktiken att konstruktionslösningens funktion ur fuktsynpunkt inte har verifierats. Då fuktproblem kan utvecklas under en längre tid finns stor risk att kunskapsöverföring från kund till konsult går om intet.

Även om olika verktyg kanske inte är lösningen på problemet så indikerade intervjurest resultaten att användandet av fuktsäkerhetsprojekteringsverktyg är större bland de konsulter som har större medvetenhet kring fuktfrågor. Dessutom dessa konsulter också en högre utbildningsbakgrund. Det är främst de som inte använder verktyg som tycker att de är dyra etc men det är också de som har minst synpunkter/idéer vad gäller önskemål på verktyg.

Vad innebär synpunkten att befintliga verktyg är för svåra? Ställer befintliga verktyg för höga kunskapskrav på användare? Innebär detta att verktygen måste utvecklas så att förkunskapskraven

bland presumtiva användare kan sänkas eller betyder det att användarna måste öka sin kunskap? Eller innebär det i praktiken att fuktexperter är de som skall vara användare av fuktsäkerhetsverktyg?

En annan intressant observation genom intervjustudien var intrycket av att de med lägre utbildning tar fuktfrågan lättare än de med högre utbildning (fig 2). En förklaring skulle kunna vara graden av självförtroende. De intervjuade fick frågan om de känner sig trygga i att hantera fuktfrågan? Lite motsägelsefullt uppfattades de på lägre skalan ha högt självförtroende. Men allteftersom utbildningsnivån ökar så sjunker självförtroendet. Insikten om fuktområdets komplexitet ökar och man inser svårigheterna. Därefter stiger självförtroendet vilket skulle kunna förklaras med att förutom att kunskapsnivån ökar så har man också verktygen att hantera frågan.

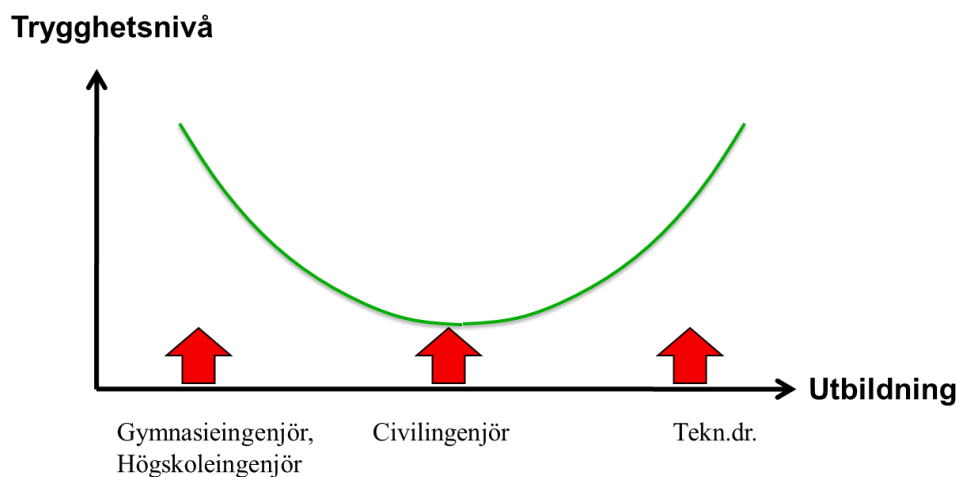


Fig 2. Trygghetsnivå kontra utbildningsnivå

4 Förpackning av erfarenheter

En utvärdering av de två mest använda varianterna av artificiell intelligens utvärderades, Artificial Neural Network (ANN) och Case Base Reasoning (CBR), i syfte att bestämma vilken av dem som var mest lämpad för problemet. CBR systemet baseras på ett bibliotek av fall som i sin tur kräver en expert inom området som kan organisera och rangordna parametrarna efter deras betydelse för prediktionsresultatet. ANN däremot är ett självlärande system som skapar en minnesstruktur av vad den lärt sig. Idén, som kom redan 1943, bygger på att efterlikna den mänskliga hjärnan. Den första neurala nätverksdatorn byggdes 1951 (Russel & Norvis, 2003). ANN ger oss möjligheten att lära från exempel i syfte att kunna förutsäga resultatet av ett problem utan att vi för den skulle behöva känna till de underliggande/okända sambanden. Man behöver inte känna till alla underliggande samband.

4.1 Uppbyggnad och läroprocess av NN

Kort fattat består neurala nätverk av ett antal ihopkopplade noder mellan ett input respektive outputlager där kopplingarna består av vikter, Figur 3. Mellan input och outputlager kan det finnas flera gömda lager. Uppbyggnaden måste prövas fram för bästa resultat. Det går med andra ord inte i förväg veta hur det neurala nätverket skal se ut.

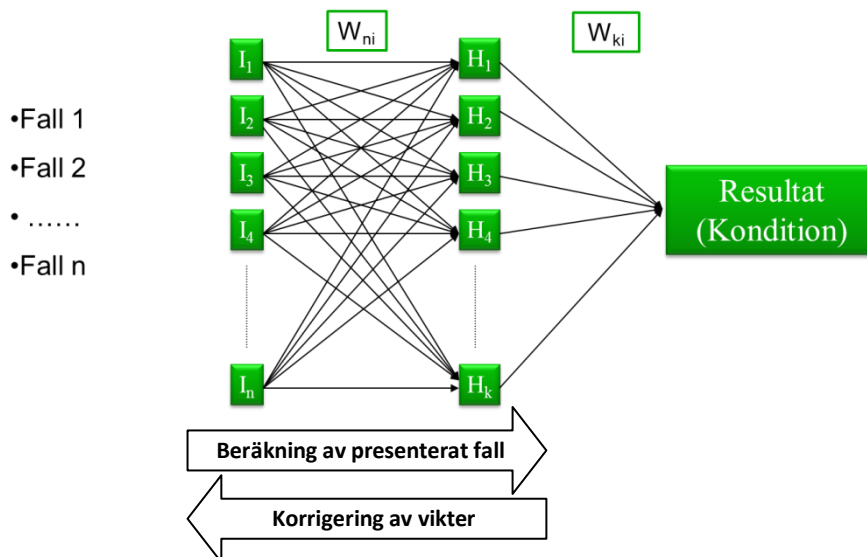


Fig 3. Principuppbyggnad för neurala nätverk.

4.2 Upplärning av ett nätverk

Inlärningsprocessen av ett neuralt nätverk börjar med att introducera par av input och outputdata utifrån verklig data. Inputdata motsvarar parametrar som har inverkan på det man vill förutsäga. I sammanhanget fukt innebär input: material, fuktbelastning, klimat etc medan output är en beskrivning av konstruktionens kondition vid en viss ålder, dvs utfallet. För varje fall som presenteras för nätverket måste det finnas ett utfall som nätverket kan lära sig av. Vid första fallet finns ett initialt viktnat nätverk som fallet förs genom där nätverket räknar ut ett utfall på outputsidan som jämförs med det verkliga utfallet. Felet mellan beräknat och verkligt utfall skickas tillbaka genom nätverket som justerar vikterna. Den processen upprepas ett antal gånger med tillgänglig inlärningsdata tills felet nått en acceptabel och förutbestämd nivå. Vid det laget har en minnesstruktur skapats som kan känna igen olika fall och därigenom förutsäga utfallet. Utöver så kan nätverket till en viss grad även förutsäga fall som nätverket inte "sett" pga nätets förmåga att generalisera. Mer om ANN finns att läsa om i Fausette (1994), Skapura (1995), Callan (1999), Gurney (1997) och Haykin (1999).

I detta sammanhang finns det några saker som behöver hanteras för att kunna applicera problemet på ANN. Om man som i detta fall använt data från olika arkiv så kan sådan det förväntas att inhämtade fall inte kan prestera komplett data. Det är därför inte möjligt att förkasta fall pga av inkomplett data för då skulle det bli allt för få fall att träna upp nätverket på. Därför behövs en strategi för hur detta ska hanteras. Utöver det bör man undvika att träna nätverket för många gånger vilket annars skulle kunna resultera i ett övertränat nätverk som har anpassat sig för mycket till träningsdata. Det kan i sådana fall få en negativ effekt på nätverkets förmåga att generalisera.

4.3 Systemet

Sammantaget bygger metoden för funktionsindikatorer och förpackningen av erfarenheter i projektet på ett system av både teori och erfarenheter som vävs samman genom ett artificiellt nätverk.

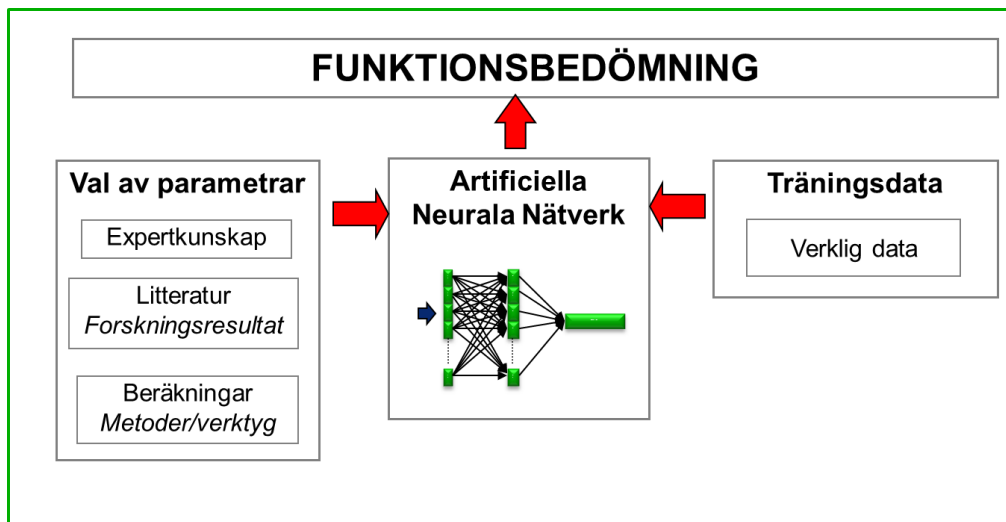


Fig 4. System – Funktionsindikatormetoden.

Valet av parametrar som kan ha inverkan på byggnadsdelens framtida kondition värderas utifrån expertkunskap som har erfarenheter från byggnadsdelen ifråga, forskningsresultat och eventuella beräkningar. Utifrån detta skapas en lista av parametrar som inhämtas från verkliga fall. Tillsammans ger det en möjlighet att göra en funktionsbedömning av byggnadsdelar ur funktionspunkt.

5 ANN och uteluftsventilerade kryppgrunder

5.1 Indata och utdataparametrar

För applicering av neurala nätverk valdes den uteluftsventilerade kryppgrundskonstruktionen, figur 5. Småhuskadenämnden i Stockholm och Anticimex i Göteborg gav tillgång till sina arkiv, vilket möjliggjorde att data kunde samlas in som grund för en erfarenhetsbas till det Neurala Nätverksbyggandet. Deras arkiv innehåller rapporter om olika hus som beskriver deras tekniska uppbyggnad, ålder och kondition. Totalt resulterade detta i 309 användbara fall med ett åldersintervall från 5 till 96 år. De fall som inte kvalificerade sig för projektet var de som utsatts för vattenskada i form av översvämning eller vattenläckage från huset. Likaså avfärdades hus som inte användes som åretruntbostad. Detta gällde även grunder som blivit modifierade, t.ex. att plastfolie har tillförts vid ett senare tillfälle, eftersom detta förändrar livslängdsvillkoren.

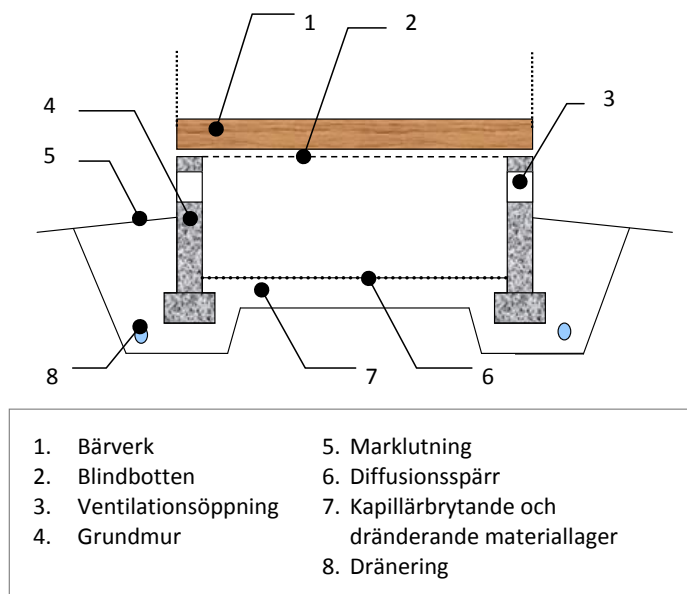


Fig 5. Uppbyggnad av en uteluftsventilerad krypgrundskonstruktion.

Indataparametrarna för den uteluftsventilerade krypgrunden, redovisade i tabell 1, är de parametrar som på olika sätt har en inverkan på konstruktionens kondition ur fuktsynpunkt. Parametrarna har delats in i grupper där A, B och C representerar tekniska lösningar som bedöms möta funktionskraven. Lösningarna i grupp A hindrar nederbörden från att nå krypgrunden, medan grupp B representerar lösningar som ska förhindra att varm, fuktig luft ska kondensera i krypgrunden. Grupp C hanterar lösningar ska förhindra markfukt som genom diffusion kommer i kontakt med krypgrundskonstruktionen och som evakuerar fuktig luft från grunden. Diffusion av markfukt och byggfukt kan förorsaka en ökning av luftfuktigheten i krypgrunden. Parametrarna i grupp D beskriver konstruktionens materialsammansättning vilket har betydelse för deras livslängd. Trä, är t.ex., mer känslig för exponering av fukt än vad betong är i detta sammanhang. Grupp E består av parametrar som inte har för avsikt att påverka konstruktionens funktion med som pga en bieffekt ändå kan göra detta. Golvvärme är ett sådant exempel då den kan tillföra värme till krypgrunden och därmed minska risken för kondens (Svensson, 1999). Det är dock osäkert i hur stor utsträckning golvvärmen kan påverka konstruktionen då det är helt avhängigt av isoleringsgraden i bjälklaget. Det organiska skräpet (x_{15}) är inte en konstruktionsparameter men är närvarande i många av de använda fallen och har sannolikt en inverkan på konditionen med avseende på lukt. Den är därför inkluderad för att minimera risken för komplikationer i ANN-träningen.

De lokala förutsättningarna (F) genom klimat och topografi är en annan parametergrupp som har en inverkan på krypgrundens kondition. Utifrån den geografiskt angivna positionen i varje fall identifierades närmast belägna väderstation (SMHI). Därigenom kunde data för relativ fuktighet, nederbörd, vind och temperatur erhållas.

Det fattas dock en viktig parameter vilket är den som beskriver krypgrundens ventilationsförmåga. I de inhämtade fallen beskrevs sällan ventilation i form av ventilarea i förhållande till grundens volym vilket gjorde att denna parameter inte kunde inkluderas i indatalistan. Detta är nackdelen med att använda sig av sekundär data, dvs data som inte konstruerats och inhämtats för projektets syfte. Det är dock inte den enda parameter som påverkar ventilationsgraden i grunden – vindhastighet och

topografisk omgivning har sannolikt en inverkan som också är inkluderade som indataparametrar. Parametrar som beskriver underhållsgrad och arbetsutförande är andra parametrar som har inverkan på konstruktionens beständighet men som pga källorna inte kunnat bedömas.

Tabell 1. Indataparametrar för uteluftsventilerad kryppgrund.

	Parameter	Definition
A	X ₁ Kapillärbrytande skikt	1 = ja, 0 = nej
	X ₂ Vattenavledande system –tak	1 = ja, 0 = nej
	X ₃ Dränerande system – mark	1 = ja, 0 = nej
	X ₄ Omgivande marklutning	1 = ja, 0 = nej
B	X ₅ Isolering av blindbotten	1 = ja, 0 = nej
	X ₆ Isoleringsgrad i bjälklaget	[mm]
	X ₇ Isolering – grundmur	1 = ja, 0 = nej
C	X ₈ Ventilation – mekanisk	1 = ja, 0 = nej
	X ₉ Diffusionsspärr – mark	1 = ja, 0 = nej
D	X ₁₀ Bärverk: oorganiskt	1 = ja, 0 = nej
	X ₁₁ Blindbotten: oorganiskt	1 = ja, 0 = nej
	X ₁₂ Grundmur: oorganisk	1 = ja, 0 = nej
	X ₁₃ Impregnerat trämaterial	1 = ja, 0 = nej
E	X ₁₄ Golvvärme	1 = ja, 0 = nej
	X ₁₅ Organsikt skräp i grunden	1 = nej, 0 = ja
F	X ₁₆ Relativ fuktighet	[%]
	X ₁₇ Nederbörd	[mm]
	X ₁₈ Årsmedeltemperatur	[C°]
	X ₁₉ Referens vindhastighet	[m/s]
	X ₂₀ Omgivande terräng	1 = Utanför tätort, 0 =
	X ₂₁ Material i mark	Tätort
		Berg, Lera = 0 / Morän, Silt = 0.5 / Grus, Sand = 1
G	X ₂₂ Kryppgrundens ålder vid inspektion	Inspektionsår – byggår

Funktionsindikatorerna, eller de outputdata, som ska beskriva konstruktionens kondition styrdes i hög grad av vad arkiven hade att erbjuda. Som visas i figur 6 beskrivs konditionen utifrån tre funktionsindikatorer; lukt, mögel och röta med olika graderingar. Mögel är den indikator som har högst detaljeringsgrad beskriven i de inhämtade fallen.

Funktionsindikatorer - kondition

Lukt	Mögel	Röta
<ul style="list-style-type: none">• Ingen lukt• Lukt	<ul style="list-style-type: none">• Inget mögel• Lokal påväxt• Utbredd påväxt• Utbredd/riklig påväxt	<ul style="list-style-type: none">• Ingen röta• Ytlig röta• Djup röta

Fig 6. Funktionsindikatorer (outputdata) för uteluftsventilerad krypgrund.

5.2 Resultat

Flera olika nätverk testades, totalt 27 st, för att hitta det som producerade minst fel under träning. Nätverket validerades mot 38 olika krypgrundsfall som nätverket inte fått se tidigare. Testfallen hade olika konstruktionsuppbyggnad, geografisk placering, omgivande förutsättningar och med åldersspann på 3-46 år. Förutom ett normalt grundutförande av en uteluftsventilerad krypgrund (se figur 5) så innehåller testfallen avvikelser:

- Ingen diffusionsspärr på mark
- Golvvärme
- Lite/mycket isolering i bjälklag
- Isolering av blindbotten
- Isolering av grundmurar
- Mekanisk ventilation
- Bärande konstruktion av betong
- Oorganiskt material i grundmurskonstruktion (inrasningskydd av träskivor)
- Impregnerat trämaterial

Testresultatet visade att nätverket lyckades förutsäga lukt rätt i 100% av testfallen, 76% rätt för mögel och 92% för röta.

6 Vem är bäst; människa eller Artificiell intelligens?

Hur bra är då det intelligenta verktyget i förhållande till människor, dvs personer som mer eller mindre arbetar med fuktfrågan. Genom en enkätstudie var avsikten att finna ut hur konkurrenskraftigt verktyget är.

En webbaserad enkät sändes ut till 110 människor vilket resulterade i 50% respons och hade följande fördelning:

- | | |
|---------------------|----------|
| – Konstruktörer | 40% (22) |
| – Fuktskadeutredare | 29% (16) |
| – Fuktexperter | 31% (17) |

I enkäten fick respondenterna förutsäga konditionen av 5 verkliga fall, alla med olika geografisk placering (fig 7), sammansättning, ålder och kondition. För varje fall skulle konditionen beskrivas utifrån funktionsindikatorerna lukt, mögel och röta vilket totalt blir 15 prediktioner.

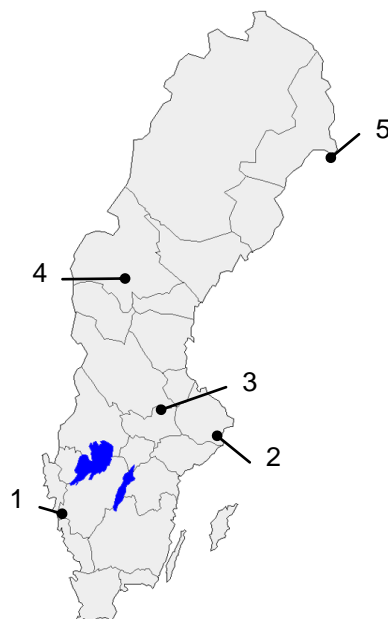


Fig 7. Geografisk placering av fall.

Det visade sig att det tränade neurala nätverket lyckades att korrekt förutsäga konditionen på 14 kryppgrunder av 15, dvs 93% rätt. Motsvarande siffra för respondenterna gavs ett snitt på 7,5 rätt (50%) där resultatet varierade mellan 3 och 12 korrekta prediktioner.

Respondenternas resultat korsanalyserades mot yrke, utbildningsbakgrund och erfarenhet (år av fuktskadearbete). Resultatet visade inte några tydliga samband till respondenternas bakgrund och resultat med ett litet undantag. De respondenter som hade extra utbildning inom fuktområdet presterade 10% bättre än alla andra. Förvånande nog så gav erfarenhet av skadeutredningar inte förutsättningar för ett bättre resultat. Den respondent som påstod sig ha sett över hundra kryppgrunder hade således inte ett resultat som låg över snittet.

En orsak som kan förklara till varför mänskliga "experter" inte klara denna typ av uppgift kan hänga samman med att vi människor inte klara av att hantera speciellt många parametrar samtidigt för att kunna dra slutsatser därifrån. Enligt Halford *et al.* (2005) är det omöjligt för den mänskliga hjärnan att hantera och processa information med mer än fyra variabler.

I samma enkät undersöktes också om den är typen av erfarenhetsbaserat verktyg är önskvärd av respondenterna. Påståendet som respondenterna fick ta ställning till formulerades som: "Det finns ett behov av att förbättra/utveckla följande fuktverktyg". Resultatet, figur 7, visade att samtliga föreslagna verktyg var i hög grad önskvärda, antingen i förbättrad form eller som ett nyutvecklat verktyg. Högst upp på listan stod dock erfarenhetssystem (93%).

Handböcker	76%
Erfarenhetssystem	93%
Produktinformation	86%
Fuktberäkningsverktyg	87%
Fuktutbildning	81%
Projekteringsvägledning	80%

Fig 8. Behov av förbättring/utveckling av verktyg enligt respondenter i enkätstudien.

7 Fungerar det alltid?

Vad har metoden/nätverket för begränsningar? För att undersöka detta gjordes en bred parameterstudie för att se studera det tränade nätverkets beteende – ett slags tillförlitlighetstest. Parameterstudien (tabell 2) spänner över 50 år och resultatet påvisade några svagheter och har två huvudorsaker som man bör betänka vid utveckling av metoden.

Tabell 2. Parameterstudie ANN och uteluftsventilerade kryppgrunder

Parametrar
0 Grundfall – standardkonstruktion
1 Utan diffusionsspärr
2 Utan diffusionsspärr + Låg permeabilitet i mark
3 Utan diffusionsspärr + Hög permeabilitet i mark
4 Mekanisk ventilation
5 Utanför tätort
6 Trä i grundmur (inrasningsskydd av träskivor)
7 Minskad isolering i bjälklag
8 Ökad isolering i bjälklag
9 Golvvärme
10 Grundmur isolerad
11 Blindbotten isolerad
12 Berggrund/lera i mark (låg permeabilitet)
13 Impregnerat trämaterial
14 Bärkonstruktion av betong
15 Inget kapilärbrytande lager
16 Inget dräneringssystem i mark
17 Ingen vattenavledning från tak
18 Marklutning mot grund

I grund och botten handlar det om kvalitet på den träningsdata som har presenteras för det neurala nätverket. För det första så rör det sig om en för hög grad av databortfall i de inhämtade fallen. Eftersom datainsamlingen skett från källor som inte har upprättats till detta syfte så är det svårt att uppnå komplett data för alla parametrar i varje fall. De 7 parametrar som har ett databortfall som överstiger 20% har också avspeglats negativt i parameterstudien. För det andra så är det en skev fördelning av träningsdata. Det har framförallt påverkat funktionsindikatorn för mögel. De sk friska

fallens genomsnittsalder är högre än de dåliga fallen vilket har resulterat i att det tränade neurala nätverket "bakspårar", figur 9. Det neurala nätverket spår därför att mögelutbredningen minskar med tiden, dvs konstruktionen går från sjuk och mögelpåverkad till frisk mögelfri konstruktion vilket är helt osannolikt.

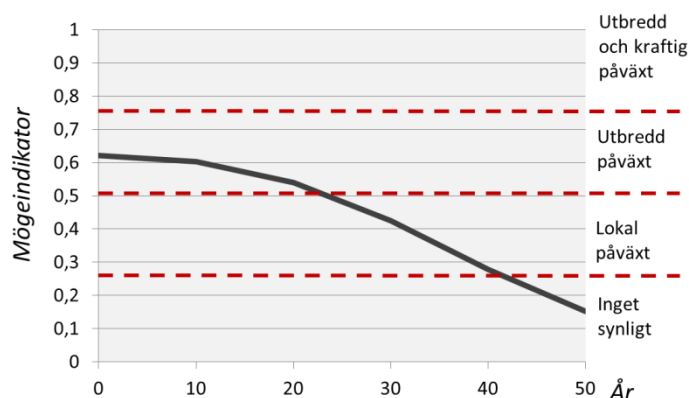


Fig 9. Enligt det bakspårande nätverket minskar mögelpåväxten med åren.

Vidare kan själva parameterstudien ha ställt alltför stora extrapoleringskrav i förhållande till den mängd data som det neurala nätverket haft tillgång till. Nätverket har tränats för ett visst dataområde men går man utanför det dataområdet så tvingar man nätverket till extrapolering. Parameterstudien sträcker sig över 50 år men träningsdata för de olika kryppgrundsutförandena finns inte representerade över hela tidsperioden. Vissa förekommer bara under en 5 års period. För att minska risken för stor extrapolering så måste antalet träningsfall och spridning ökas.

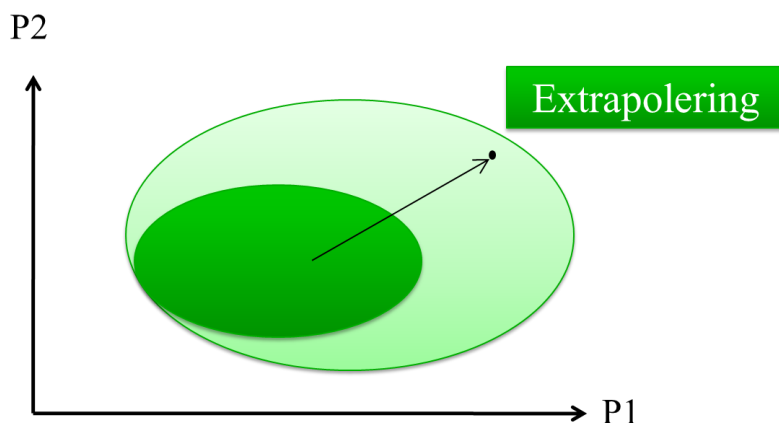


Fig 10. En allför vid parameterstudie kan tvinga ut nätverket i ett område som den inte tränats för

8 Möjligheter

Att fånga, systematisera erfarenheter på ett sätt som gör erfarenheterna användbara är en svår utmaning. Funktionsindikatormetoden som studerats kan, när fullt utvecklad, vara användbar i det tidiga projekteringsstadiet när den ackumulerade projekt informationen både har en liten omfattning och fortfarande är ganska trubbig. Det kan ges möjlighet att bedöma och jämföra olika

konstruktionsvarianter. Funktionsindikatorerna för bedömning av konstruktioner är relativt enkla att förstå. Komplexa diagram som visar temperatur och relativfuktighet för en simulerad konstruktion kan vara svåra att bedöma i förhållande till hur konditionen kommer att utveckla sig under byggnadens livstid. Funktionsindikatormetoden ger möjlighet till en enklare tolkning av resultaten. Detta kan vara ett enkelt sätt att kontrollera konstruktionen som ett led i fuktsäkerhetsprojekteringen.

Metoden kan ge goda möjligheter till erfarenhetsåterföring av sk väl beprövade lösningar där verktyget kan vara behjälpligt att bedöma konditionsutvecklingen utifrån det aktuella projektets förutsättningar. Till synes små förändringar kan få ödesdigra konsekvenser för konstruktionens beständighet. Den kan också vara vägledande vid skadeutredningar när åtgärdsförslag skall ges – att utforma konstruktionen som tidigare ger bara samma resultat. Metoden kan också vara vägledande vid fastighetsköp. En konstruktion kan vara frisk vid besiktning men man kan kanske inte alltid kan förutsäga fastighetens konditionsutveckling.

Metoden skulle kunna omfatta fler konstruktioner utöver kryppgrunder, exempelvis kalla vindar olika väggkonstruktioner etc. Att utveckla metoden i full skala innebär att data måste insamlas utifrån metodens villkor för bästa möjliga kvalitet. Det är till viss del resurs- och tidskrävande men inte tillnärmelsevis så kostsam som fuktskadorna har kostat oss hittills. Metoden löser inte alla problem men kan vara en del i att förbättra statistiken.

Metoden kan också hjälpa oss att förstå funktionen av olika konstruktioner. Vi kan idag oftast identifiera vilka parametrar som har inverkan på konstruktionens konditionsutveckling men vi har svårare för att avgöra i vilken grad respektive parameter har för effekt på konditionen. Genom parameterstudier på ett tränat neuralt nätverk kan sambanden studeras och kanske till och med att avslöja tidigare okända samband.

9 Referenser

- Burke, S. and Yverås, V. (2003) A Swedish perspective on the prevention of moisture problems during the building's design phase. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research* 1(1): 102-113
- Callan R. (1999) *The essence of neural networks*. London: Prentice Hall Europe.
- Fausett L. (1994) *Fundamentals of neural networks*. London: Prentice-Hall.
- Gurney K. (1997) *An introduction to neural networks*. London: UCL Press.
- Halford G. S., Baker R., McCredde J. E. & Bain J. D. (2005) How many variables can humans process? *Psychological Science* 16(1):70-76.
- Haykin S. (1999) *Neural Networks a comprehensive foundation*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Kvande T., Lisø K. R. (2010) Byggskader Oversikt, byggforskserien 700.110 SINTEF Byggforsk
- Lisø, K. R. (2007) *Klimatilpasning av byggnader*. SINTEF Byggforsk.

Russel, S. and Norvig, P (2003) *Artificial Intelligence A modern approach*. Upper Sadler River, New Jersey: Pearson Education Inc.

Skapura D. M. (1995) *Building neural networks*. New York: ACM Press.

Svensson C. (1999) *Effekter av åtgärder i uteluftsventilerade kryppgrunder med fukt- och mögelskador*. Report TVBH-303;1999, Lund: Lunds Tekniska Högskola. 1999a

10 Publikationer ur projektet

Yverås, V (2002) Performance indicators as a tool for decisions in the building process. *Construction Process Improvement*. Oxford: Blackwell Science

Yverås, V (2002) Performance indicators as a tool for decisions in the building process. *Proceedings of the 6th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Trondheim, Norway, June 17-19, 2002*

Yverås, V (2002) *The performance indicators as Decision Support Tool*. Göteborg: Chalmers University of Technology

Yverås, V (2002) *Funktionsindikatorer – Ett verktyg för bedömning av tekniska lösningar*. (Performance indicators – A tool to predict technical solutions) FoU-Väst, Sveriges Byggindustrier: Göteborg

Burke, S. and Yverås, V. (2003) A Swedish perspective on the prevention of moisture problems during the building's design phase. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research* 1(1): 102-113

Yverås, V (2003) Performance indicator tool vs simulation tool. *Proceedings of the 2nd International Building Physics Conference, Leuven, Belgium, September 14-18, 2003*

Yverås, V. (2005) Predicting the service life by Artificial Intelligence. *Proceedings of the 7th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Reykjavík, Iceland, 13-15 June, 2005*.

Yverås, V (2006) Verktyg kan förutspå risk för framtida fukt. (A tool can predict future moisture problems) *Husbyggaren* nr1:06

Yverås, V (2008) *Aspects of extracting real life data for neural network learning on service life predictions*. Report No. 2008:16, Göteborg: Chalmers University of Technology

Yverås, V (2008) *Predicting service life of outdoor ventilated crawl spaces by neural networks*. Report No. 2008:17, Göteborg: Chalmers University of Technology

Yverås, V. (2009) *Performance indicators, A performance prediction method for moisture safety design*. Göteborg: Chalmers University of Technology

Yverås, V. (2010) Performance prediction method in the early stages of design for outdoor ventilated crawl-spaces based on artificial neural networks. *Journal of Building Physics*.

