



DAMPSPERRER I TAK

Forfattere:
Knut Noreng og Jorun-Marie Hisdal

INFORMASJONSBLAD Nr. 7

Utgitt april 1996

Sist revidert: september 2013

www.tpf-info.org

Takprodusentenes Forskningsgruppe

Sekretariat:

SINTEF Byggforsk

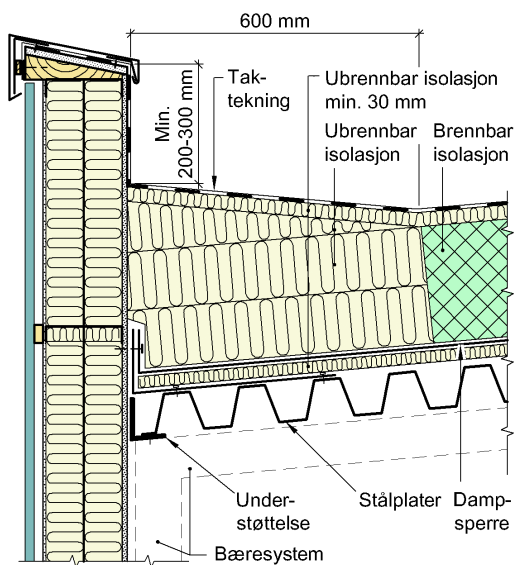
Byggematerialer og konstruksjoner

Høgskoleringen 7B

7465 Trondheim

Telefon: 73 59 33 90

Telefax: 73 59 33 80



INNLEDNING

Dette informasjonsbladet er laget av Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) og SINTEF Byggforsk. Informasjonsbladet omhandler bruken av dampsperrer i tak, både kompakte og luftede tak med og uten helning.

HVA ER TPF?

Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) er en sammenslutning på frivillig basis av bedrifter som arbeider med takteknig i form av produksjon og leveranse av materialer eller utførelse av tekkearbeider.

Hensikten med TPF er å dekke et behov medlemmene har for forskning ved utvikling av isolasjons- og tekkesystemer, og å utgi informasjon om riktig bruk av disse.

Bedrifter tilsluttet TPF

Produsenter av isolasjonsmaterialer:

A/S Rockwool

Brødrene Sunde as

Glava AS

Jackon AS

Vartdal Plastindustri AS

Produsenter av tekkingsmaterialer:

Icopal as

Isola as

Protan AS

Takentreprenørens Forening

TEFs hjemmeside: <http://www.taktekker.no/>

Assosierte medlemmer:

EJOT Festesystemer A/S

SFS intec AS

Renolit Nordic K/S

Derbigum Norge A/S

Sika Norge A/S

Paroc Building Insulation AB

Tak-Leverandøren AS

Nordic Waterproofing AS

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING.....	3
2	FUNKSJON OG KRAV TIL DAMPSPERRER.....	3
2.1	Dampsperrers funksjon.....	3
2.2	Krav til dampsperrer.....	3
3	FUKTMEKANIKK.....	5
3.1	Generelt.....	5
3.2	Relativ og absolutt fuktighet.....	5
3.3	Luftfuktighet ute.....	6
3.4	Likevektsfukt og relativ fuktighet.....	6
3.5	Dampdiffusjon og konveksjon.....	8
4	INNVENDIGE KLIMABELASTNINGER.....	9
4.1	Innvendig luftfuktighet.....	9
4.2	Fuktproduksjon.....	9
4.3	Fukttilskudd.....	9
4.4	Innvendig lufttrykk.....	10
5	TAKKONSTRUKSJONER.....	11
5.1	Krav til takkonstruksjoner.....	11
5.2	Kompakte tak.....	11
5.3	Luftede tak.....	12
5.4	Byggfukt.....	12
5.5	Skader.....	13
5.6	Råte og mugg.....	14
6	ULIKE TYPER DAMPSPERRE.....	15
6.1	Generelt.....	15
6.2	Ordinære dampsperrer med fast dampmotstand.....	15
6.3	Dampsperrer med uttørkingsevne ("smarte dampsperrer").....	15
6.4	Reflekterende dampsperrer.....	15
7	UTFØRELSE.....	16
7.1	Ordinære bygg.....	16
7.1.1	Bruk av mekaniske festemidler.....	16
7.1.2	Skjøting og lufttetthet.....	16
7.2	Bygg med ekstra tetthetskrav - Passivhus.....	17
7.2.1	Skjøting.....	17
7.2.2	Tilslutninger.....	17
8	OPPSUMMERING AV SINTEF BYGGFORSK SINE ERFARINGER.....	17
9	VALG AV DAMPSPERRE PÅ GRUNNLAG AV SIKRE ERFARINGSBASERTE LØSNINGER.....	18
10	DETALJLØSNINGER.....	24
11	REFERANSELISTE.....	29



1 INNLEDNING

På oppdrag fra Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) har SINTEF Byggforsk revidert dette informasjonsbladet om "Dampsperrer i tak". Med tak menes det her både kompakte og luftede tak med og uten helning.

Hensikten med informasjonsbladet har vært å samle tilgjengelig viten om temaet, og utarbeide en anvisning for valg av type og utførelse av dampsperreren. Bakgrunnen for dette ønsket var blant annet fuktskader i tak som nettopp skyldtes gal bruk og utførelse av dampsperreren.

Anvisningens første kapitler gir en oversikt over de krav som stilles til dampsperrer og annen relevant bakgrunnsinformasjon. I de to siste kapitlene vises en enkel metode for "dimensjonering" av dampsperreren som kan benyttes der mer nøyaktige beregninger ikke er ønsket (kap. 9) og figurer som illustrer anbefalt utførelse av utvalgte detaljer (kap. 10).

Vi har ment at det er to veier man kan gå når type dampsperre og utførelse av dampsperreren skal velges:

- A) Valg basert på gjennomprøvede sikre løsninger er vist i kapittel 9. Kapittel 10 viser i tillegg noen eksempler på praktiske løsninger.
- B) Valg kan baseres på detaljerte fukttekniske beregninger og vurderinger for hvert aktuelt tilfelle hvor det blant annet tas hensyn til stedets klima. Resultatene fra slike beregninger av fukttransporten ved diffusjon og av konstruksjonens uttørkingspotensial, vurderes opp mot total fukttransport og mulige skadevirkninger.

Løsningene beskrevet i TPF informerer nr. 7 (alternativ A over) forutsetter normal utførelse og normal bruk av bygget i forhold til type bygning (bolig, kontorbygg, svømmehall...).

Ved spesielle tilfeller eller der normal bruk fravikes må særskilte vurderinger utføres (alternativ B over). Spesielle tilfeller kan omfatte bygg der senere mulige bruksendringer ønskes tatt hensyn til, bygg med lav ventileringsgrad eller f.eks. større fuktproduksjon enn normalt for det aktuelle bygget.

2 FUNKSJON OG KRAV TIL DAMSPERRER

2.1 Dampsperrrens funksjon

Dampsperreren har flere funksjoner. Den viktigste er å hindre at fukt trenger innenfra og ut i vegger og tak ved diffusjon og luftlekkasjer. Den skal sammen med vindsperreren eller takbelegget hindre at det oppstår sjenerende trekk og varmetap på grunn av luftlekkasjer og således bidra til bygningens totale lufttetthet.

2.2 Krav til dampsperrer

Dampmotstand

I SINTEF Byggforsk anvisning om materialer til luft- og dampetting [Byggforskserien 573.121] anbefales det at dampsperrer for generell bruk i bygningskonstruksjoner bør ha en vanndampmotstand som svarer til en ekvivalent luftlagstykkelse, s_d -verdi større eller lik 10 m.

s_d -verdien til et materialsjikt angir hvor tykt et stillestående luftlag må være for å ha samme diffusjonsmotstand som materialsjiktet. Tilsvarende anbefaling er også gitt i Veiledning til tekniske krav til byggverk 2010 [Veil. TEK10, § 13-18]. I bygninger med spesielt høy fuktpåkjenning, f.eks. svømmehaller bør dampmotstanden være større enn angitt ovenfor.

Vanndampmotstanden til noen vanlige typer dampsperrer er gitt i Tabell 1. Ytterligere materialdata kan finnes i anvisning om materialdata for vanndamptransport [Byggforskserien 573.430].



Tabell 1: Vanndampmotstanden for noen dampsperrertyper [Byggforskerien 573.121]

Type	Tykkelse [mm]	Vanndampmotstand ¹ , ekv. luftlagstykkelse s_d (m)
Polyetenfolie	0,15	70
Polyetenfolie	0,20	90
PVC-folier (mykgjort)	1,2	14-20
Butylfolier	0,5	175
Asfalt takbelegg med stamme av polyesterfilt	2,5/ 4	60 / 100

¹Målt mellom to luftfuktighetsnivåer (50-94 % RF)

Lufttetthet

I [Veil. TEK 10, § 14.3] stilles det krav til infiltrasjons- og ventilasjonsvarmetap for ferdige bygninger. Samlet lekkasje gjennom flater og sammenføyninger skal være mindre enn en viss verdi. Største tillatte lekkasjetall er:

- for småhus; 2,5 luftvekslinger pr. time (ved en trykkforskjell på 50 Pa).
- for øvrige bygninger; 1,5 luftvekslinger pr. time.
- for passivhus er kravet vesentlig strengere i henhold til Passivhusstandarden NS 3700; 0,6 luftvekslinger pr. time.

For å klare alle aktuelle tetthetskrav, bør luft- gjennomgangen for dampsperrematerialet ikke være større enn 0,002 m³/m²hPa.

I praksis er det imidlertid *skjøtene og gjennomføringene* som er avgjørende for lufttettheten. For at dampsperra i tak skal fungere også som et lufttettende sjikt, må den utføres med tette skjøter og avslutninger mot gjennomføringer, og med tette tilslutninger mot dampsperrsjiktet i veggene. Dampsperrer bør derfor kunne leveres i store bredder slik at de kan monteres med et minimum av skjøter.

Emisjoner

Emisjoner av kjemiske forbindelser fra produkter som brukes i bygninger påvirker både utvendig og innvendig miljø. I innvendig miljø kan gassene som frigjøres til inneluften medføre alt fra lett irritasjon og ubehagelig lukt til alvorlige helseproblemer. Derfor er det i [Veil. TEK10, § 13-1g] stilt krav om å benytte materialer og produkter gir lav eller ingen forurensning til inneluften (lavemitterende materialer). For at en dampsperre skal kunne få en SINTEF Teknisk Godkjenning kreves det derfor at dampsperran har emisjoner innenfor grenseverdier i henhold til NS-EN 15251 tillegg C1. Også produkter som brukes for å sikre lufttette skjøter (f.eks. seigplastisk spesialfugemasse, byggtape) må være lavemitterende.

Andre produkttegenskaper

Dampsperrer dekkes av følgende produktstandarder:

- Dampsperrer av asfalt: NS-EN 13790
- Dampsperrer av plast eller gummi: NS-EN 13984.

Produktstandardene nevner en rekke andre egenskaper som er relevante for dampsperrer. For at en dampsperre skal kunne få en SINTEF Teknisk Godkjenning må følgende egenskaper dokumenteres:

- Vanntetthet
- Vanndampmotstand
- Bretting i kulde
- Dimensjonsstabilitet
- Rivestyrke (spikerriv)
- Strekkstyrke
- Forlengelse
- Skjærstyrke i skjøt
- Punktering ved slag ved 23 °C
- Punktering ved statisk last.

I de nevnte produktstandardene oppgis det hvilke prøvingsmetoder som skal benyttes for å dokumentere de opplistede egenskapene.

3 FUKTMEKANIKK

3.1 Generelt

Beskyttelse mot fuktskader krever en viss innsikt i fuktmekanikk. Fuktmekanikk er læren om hvordan bygningsmaterialer tar opp i seg, transporterer og avgir fuktighet. Mange materialegenskaper er avhengig av fuktinnholdet:

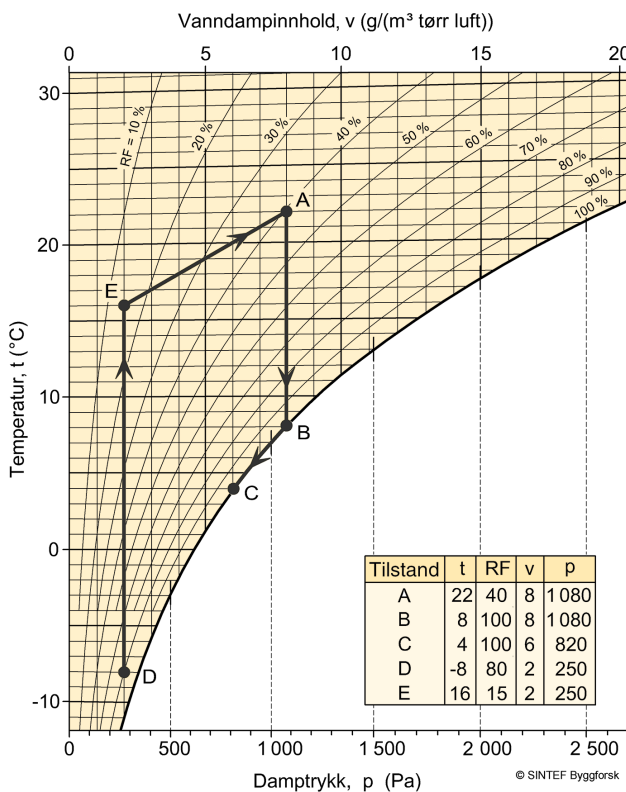
- Endring i materialers fuktinnhold gir volumendringer som kan forårsake vridning, deformasjoner, utbuling og sprekkdannelser i konstruksjonene.
- Høyt fuktinnhold gir risiko for råtedannelse i tre og trebaserte materialer, og et fuktig miljø forårsaker korrosjon på metaller.
- Fuktpåkjenninger forårsaker endringer i farge og utseende hos mange materialer.
- De varmeisolerende egenskapene til et materiale svekkes med økende fuktinnhold.

3.2 Relativ og absolutt fuktighet

Luftens evne til å ta opp fuktighet i form av vanndamp avhenger av temperaturen. Ved en gitt temperatur kan luften bare inneholde en viss mengde vanndamp. Vanndampens partialtrykk i luften ved maksimalt vanninnhold kalles metningstrykket. Dersom vannmettet luft tilføres ytterligere fuktighet eller hvis lufttemperaturen synker slik at metningstrykket blir lavere, vil det dannes kondens. Se Tabell 2 som viser luftens maksimale fuktinnhold ved ulike temperaturer.

Fuktinnholdet i luften kan angis som relativ luftfuktighet (RF) som uttrykker vanninnholdet i prosent av det maksimale ved den aktuelle temperaturen. Fuktinnholdet kan også angis absolutt i gram pr. m³ luft eller som et partialtrykk i Pa (N/m²).

Sammenhengen mellom luftens vanninnhold og temperatur går fram av et Mollierdigram, se fig 1.



Figur 1: Mollier diagram

Mollierdigram er et luftfuktighetsdiagram som viser sammenhengen mellom lufttemperatur og fuktinnhold/damptrykk [Trehus 2010]

Tabell 2: Vanddampens metningstrykk og maksimale fuktinnhold ved ulike temperaturer (for minusgrader gjelder metningstrykket over is)

Temp. (°C)	Metn. trykk (N/m ²)	Fuktinnh. (g/m ³)	Temp. (°C)	Metn. trykk (N/m ²)	Fuktinnh. (g/m ³)	Temp. (°C)	Metn. trykk (N/m ²)	Fuktinnh. (g/m ³)
30	4245	30,36	10	1228	9,40	-10	260	2,14
29	4005	28,78	9	1147	8,83	-11	238	1,97
28	3780	27,24	8	1072	8,28	-12	225	1,81
27	3565	25,80	7	1001	7,76	-13	199	1,66
26	3360	24,40	6	935	7,27	-14	181	1,52
25	3170	23,04	5	872	6,80	-15	166	1,39
24	2985	21,80	4	813	6,37	-16	151	1,27
23	2815	20,60	3	757	5,96	-17	137	1,16
22	2640	19,45	2	705	5,57	-18	125	1,06
21	2485	18,35	1	656	5,20	-19	114	0,97
20	2335	17,29	0	611	4,84	-20	104	0,88
19	2195	16,33	-1	563	4,48	-21	94	0,80
18	2060	15,40	-2	517	4,13	-22	85	0,73
17	1935	14,50	-3	475	3,82	-23	78	0,67
16	1818	13,65	-4	437	3,52	-24	71	0,61
15	1703	12,82	-5	402	3,24	-25	64	0,55
14	1596	12,09	-6	368	2,99	-26	58	0,50
13	1496	11,37	-7	338	2,75	-27	52	0,46
12	1400	10,68	-8	310	2,53	-28	47	0,41
11	1311	10,03	-9	284	2,33	-29	42	0,38
						-30	37	0,34

3.3 Luftfuktighet ute

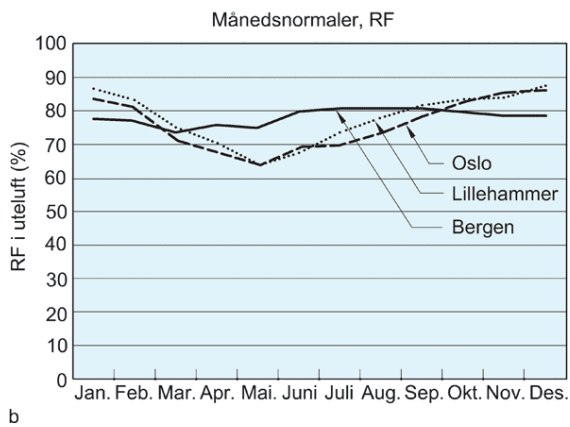
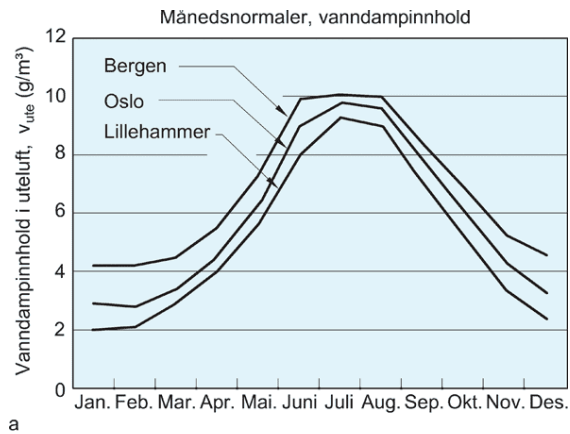
Den relative luftfuktigheten varierer både i løpet av årstiden og døgnet. Figur 2 viser eksempel på månedsnormaler for vanddampinnhold og RF i utelufta for et utvalg norske byer.

3.4 Likevektsfukt og relativ fuktighet

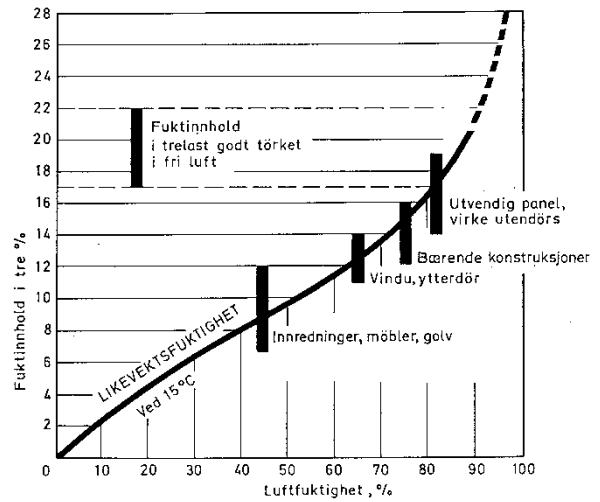
Hygroskopiske materialer kan ta opp mye fuktighet direkte fra luften. Trevirke kan for eksempel ta opp ca. 27 - 30 vektprosent, noe som tilsvarer nærmere 150 kg vann pr. m³. For et materiale som lagres i omgivelser med konstant temperatur og relativ fuktighet, oppstår det etter hvert en likevekt hvor materialets fuktinnhold kalles *likevektsfukten*. I Figur 3 er trevirkets likevektsfuktighet ved 15 °C for forskjellige luftfuktigheter vist.

Fuktlikevektskurver benevnes også ofte sorpsjonskurver. Sorpsjonskurven for et materiale blir noe forskjellig, alt etter om materialet når likevekten gjennom oppfukning eller uttørking. Ved oppfukning kalles kurven adsorpsjonskurve, ved uttørking desorpsjonskurve. Eksempler på adsorpsjonskurver for fire materialer, er vist i Figur 4.

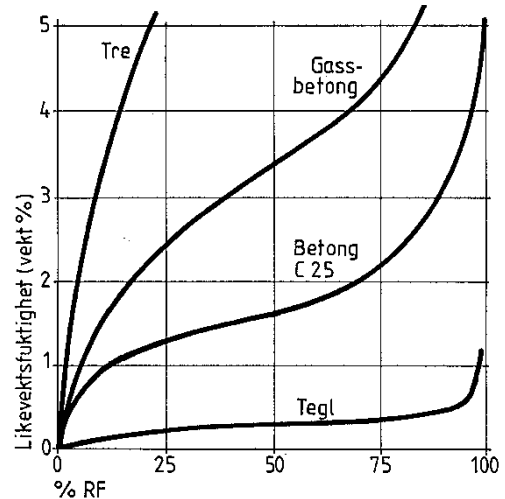
To materialer som er i kontakt, vil etter hvert få samme relative luftfuktighet (% RF) i porene, selv om fuktinnholdet i vektprosent kan være forskjellig.



Figur 2:
 Eksempel på månedsnormaler for vanndampinnhold og relativ fuktighet (RF) i utelufta over året for Oslo, Bergen og Lillehammer. a) Vanndampinnhold, b) RF. [Byggforskserien 421.132]



Figur 3:
 Trevirkets likevektsfuktighet ved forskjellige luft- fuktigheter og temperaturer med angivelse av typiske fuktinnhold i trevirke i ulike bruk.



Figur 4:
 Eksempel på sorpsjonskurver ved oppfuktning for fire materialer. [Trehus 2010]



3.5 Dampdiffusjon og konveksjon

Fukttransporten inne i et materiale og i en konstruksjon kan foregå både i dampfase og i væskefase (kapillærtransport). I forbindelse med beregninger av risiko for kondens i eller på bygningsdeler er det først og fremst transporten i dampfasen som har interesse.

Denne transporten kan foregå på to måter; konveksjon og diffusjon:

- *Fuktkonveksjon*, som innebærer at vanndamp transporteres med luftstrømmer. Konveksjonen av fukt gjennom en konstruksjon er avhengig av lufttettheten og trykkforskjellen over konstruksjonen.
- *Diffusjon*, som innebærer at vannmolekyler beveger seg gjennom materialet i retning mot avtakende damptrykk. Det vil si at det er det absolutte fuktinnholdet i luften eller damptrykket som avgjør hvilken vei diffusjonen går, og ikke forskjeller i relativ luftfuktighet.

For detaljer på hvordan man kan beregne fukttransport ved luftlekkasjer og diffusjon, se [Byggforskserien 421.132].

De vanligste uttrykkene ved fukttransport er:

Vanndamppermeabiliteten, δ_p

Er en materialegenskap som uttrykker et materiales evne til å slippe gjennom vanndamp på grunn av gradient i vanndamptrykket i materialet [kg/(msPa)].

Vanndamppermeansen, W_p

Uttrykker et bestemt materialsjiktets evne til å slippe gjennom vanndamp på grunn av forskjell i vanndamptrykk ved materialsjiktets to sider. Vanndamppermeansen kan beregnes ut fra et materiales vanndamppermeabilitet og sjiktets tykkelse d (uttrykt i m):

$$W_p = \delta_p / d \quad [\text{kg}/(\text{m}^2\text{sPa})]$$

Vanndampmotstanden, Z_p

Uttrykker motstanden i et materialsjikt mot gjennomtrengning (diffusjon) av vanndamp på grunn av forskjell i vanndamptrykk over materialsjiktet. Vanndampmotstanden er den inverse av vanndamppermeansen.

Vanndampmotstanden beregnes ut fra materialets vanndamppermeabilitet og tykkelse d [uttrykt i m]:

$$Z_p = d / \delta_p \quad \text{eller} \quad Z_p = 1 / W_p \quad [\text{m}^2\text{sPa}/\text{kg}]$$

I praksis oppgis ofte vanndampmotstanden som en ekvivalent luftlagstykkelse (s_d -verdi), se avsnitt 2.2. Mer utførlig beskrivelse kan finnes i [Byggforskserien 573.430] og [Byggforskserien 421.132]

Eksempel:

Permeabiliteten for en sponplate er

$\delta_p = 3,8 \cdot 10^{-12} \text{ kg}/(\text{msPa})$. Hva blir vanndampmotstanden Z_p for en 12 mm tykk sponplate?

$$\begin{aligned} Z_p &= d / \delta_p \\ &= 0,012 \text{ m} / (3,8 \cdot 10^{-12} \text{ kg}/(\text{msPa})) \\ &= \underline{\underline{3,2 \cdot 10^9 \text{ m}^2\text{sPa}/\text{kg}}} \end{aligned}$$

4 INNVEDIGE KLIMABELASTNINGER

4.1 Innvendig luftfuktighet

Luftfuktigheten i bygninger varierer mye med årstiden og med bygningens bruk og ventilasjon. Når man skal vurdere en takkonstruksjons fukttekniske forhold, er det derfor viktig å kjenne til fuktforholdene i rommene under taket.

Jo større fuktinnhold romluften har, dess større fuktmengder kan bli transportert opp i taket og jo større er risikoen for kondens i takkonstruksjonen.

Det gjelder både ved diffusjon og når fukttransporten skjer ved luftstrømning (konveksjon).

Fuktmålinger i den aktuelle bygningen kan fortelle hvor stor den innvendige luftfuktigheten er. En bygning med utilstrekkelig ventilasjon kan ha et meget fuktig innklima.

4.2 Fuktproduksjon

Fuktproduksjonen kommer fra avdunsting og utånding fra mennesker og dyr, fra oppvask, vasking og tørking av klær, bad og dusj, rengjøring, matlaging og plantevekster. F.eks. vil innendørs svømmebasseng og akvarier øke produksjonen av fukt. I blant forekommer også befuktning av innendørs luften.

Fuktproduksjonen varierer selvfølgelig i tid og rom, men den utjevnes på grunn av fuktkonveksjon, transport av luften, mellom rom og gjennom den høye fuktkapasiteten hos innredning og bygningsmaterialer.

I henhold til undersøkelse utført i Sverige har småhus en fuktproduksjon på gjennomsnittlig $9,8 \pm 0,5$ kg/ døgn og en leilighet i blokk produserer $5,8 \pm 0,4$ kg/ døgn.

4.3 Fuktilskudd

Fuktilskuddet er forskjellen (positivt forskjell = økning) mellom dampinnholdet i inneluften og dampinnholdet i uteluften.

Dampinnholdet i inneluft er avhengig av dampinnholdet i uteluften, fuktproduksjonen i inneluften og ventilasjonsmengden:

$$v_i = v_u + v_{FT}, \quad v_{FT} = G/Q$$

der

v_i = dampinnholdet i inneluften [kg/m³]

v_u = dampinnholdet i uteluften [kg/m³]

v_{FT} = fuktilskuddet [kg/m³]

G = fuktproduksjon [kg/døgn]

Q = ventilasjonsmengde [m³/døgn].

I Tabell 3 er noen vanlige verdier for fuktilskudd gitt:

Tabell 3: Vanlig fuktilskudd for ulike bygg

Type bygg	Fuktilskudd
Lager	0 – 2 g/m ³
Kontor, butikker	1 – 3 g/m ³
Boliger	2 – 5 g/m ³
Svømmehaller	< 6 g/m ³

Fuktilskudd i forskjellige romtyper i boliger er vist i Tabell 4. Tallene baserer seg på målinger fra en norsk undersøkelse av ca. 30 boliger [Luftfuktighet 2002].

Tabell 4: Fuktilskudd i boliger [Luftfuktighet 2002]

Romtype	Fuktilskudd v_{FT} (g/m ³)
Stue	1,9
Soverom	1,3
Bad	2,9
Kjeller	0,8

I en undersøkelse av fuktilskudd i 1500 boliger i Sverige om vinteren fant man at fuktilskudd for eneboliger lå mellom 2-5 g/m³, mens tilsvarende fuktilskudd for boligblokker o.l var 1,5 – 4 g/m³ [Luftfuktighet 2002].

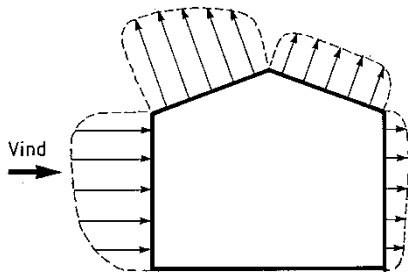
Ved fuktilskudd v_{FT} over ca. 5 g/m³ i en bolig er faren for kondens og fuktskader ekstra stor.

4.4 Innvendig lufttrykk

Når det er forskjell i lufttrykket ute og inne, strømmer luft gjennom ventiler og andre åpninger og utettheter i bygningskonstruksjonen.

Lufttrykkforskjellene skapes dels av vind, dels av dels av temperaturdifferanser, og dels av ventilasjonsanlegg.

Vinden skaper et utvendig undertrykk på lénsiden og et utvendig overtrykk på losiden (vindsiden) av huset, se Figur 5. Størrelse og plassering av byggets utettheter, avgjør om det resulterer i innvendig over- eller undertrykk. Dette er nærmere omtalt i [NS-EN 1991-1-4, kap. 5].

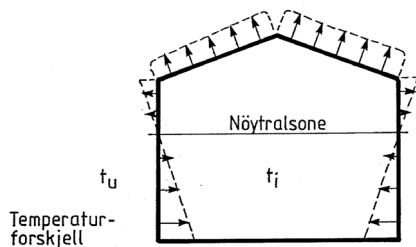


Figur 5: Trykk på bygg på grunn av vind [Trehus 2010]

Store deler takflaten kan få innvendig overtrykk så å si uavhengig av vindretningen på grunn av termisk oppdrift inne i bygningen, se Figur 6. Dette fenomenet omtales gjerne som *skorsteinseffekten*. I byggets nøytralzone er trykkforskjellen på grunn av temperaturforskjeller lik null. Fordelingen av utettheter i huset avgjør hvor nøytralsonen befinner seg. Hvis alle utetthetene finnes i nedre del, vil det bli overtrykk i hele huset. Maksimalt overtrykk på grunn av skorsteinseffekten varierer med temperaturforhold, volum, fordeling av utettheter og bygningens høyde. Trykkforskjellen mellom inne og ute øker tilnærmet proporsjonalt med høydeforskjellen fra nøytralsonen og temperaturforskjellen mellom inne og ute og kan litt forenklet beregnes etter følgende formel:

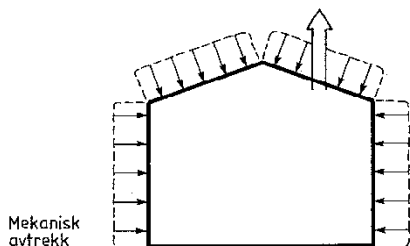
$$p = 0,04 \cdot (t_i - t_u) \cdot \Delta h$$

Δh er høydeforskjellen fra nøytralsonen [m], mens t_i og t_u er henholdsvis temperatur inne og ute. Som en tommelfingerregel kan man si at overtrykket på grunn av termisk oppdrift er omkring 1 Pa pr. m høyde i middels kalde strøk av landet.



Figur 6: Innvendig overtrykk i takflater på grunn av termisk oppdrift inni bygningen [Trehus 2010]

Viftene i mekaniske ventilasjonsanlegg skaper også trykkforskjeller mellom ute- og inneluft, se Figur 7. Trykkforskjellene skapt av ventilasjonsanlegget kan variere med mer enn 10 Pa, avhengig av om det er overtrykksventilasjon, balansert ventilasjon eller undertrykksventilasjon.



Figur 7: Trykkforskjell over bygning på grunn av mekanisk ventilasjon [Trehus 2010]

5 TAKKONSTRUKSJONER

5.1 Krav til takkonstruksjoner

Utførelse og valg av takkonstruksjon skal tilfredsstillende funksjonskravene i [Veil. TEK 10, § 13 -14]. Det kan gjøres ved å ta hensyn til følgende generelle hovedpunkter:

- Bygningsmaterialer må holdes tilstrekkelig tørre og rene både under lagring, transport og montering på byggeplassen for å unngå fuktproblemer. Materialene må også holdes tørre og rene etter at de er montert og mens byggverket er i bruk.
- Materialer må kunne tåle den fuktpåkjenning de kan forventes å bli utsatt for. Det må foreligge tilfredsstillende materialdokumentasjon som angir kritiske verdier for fukt i forhold til mikrobiologisk vekst, avgassing og andre vesentlige egenskaper ved produktet.
- Konstruksjonene (tak, fasader etc.) må prosjekteres og utføres slik at de i størst mulig grad er robuste mot fuktpåvirkninger i bygge- og bruksfasen.

For at en takkonstruksjon skal kunne tilfredsstillende det siste av disse hovedpunktene, kreves både en viss lufttetthet og dampmotstand.

Lufttetthet

Det er alltid behov for lufttetthet i isolerte tak

- mot gjennomstrømning utenfra og inn
- mot gjennomstrømning innenfra og ut
- mot vindinntrengning i isolasjonssjiktet.

Tilstrekkelig lufttetthet kan oppnås ved hjelp av:

- utvendig taktekking med tette detaljer og overganger.
- innvendig tettesjikt f.eks. i form av lufttett dampsperre med tette skjøter, tilslutninger og avslutninger f.eks. avslutning av dampsperre i tak mot tilsvarende lufttett dampsperre i tilstøtende vegger.
- materialer og løsninger generelt som gir konstruksjonen en viss egentetthet.

Vanndampmotstand

I kompakte tak uten råtefarlige materialer på bygg med mindre innvendig fuktbelastning, kan taket konstrueres på vanlig måte med dampsperre av PE-folie eller annet damptett materiale, eventuelt med dampsperre som muliggjør uttørring innover sommerstid.

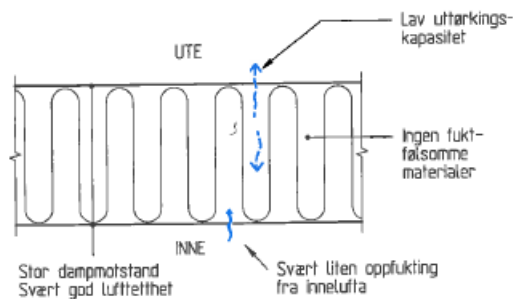
I kompakte tak over bygg med høy innvendig fuktbelastning (fukttillskudd) må dampsperran både ha god dampmotstand ($s_d > 10$ m) og utførelsen være lufttett med sveist eller klebet omlegg (ikke løse omleggsskjøter).

Bruk av dampsperrer i fryselagre og kjølerom er nærmere omtalt i [Byggforskserien 527.101] og [Byggforskserien 527.102].

5.2 Kompakte tak

Kompakte tak er tak der de forskjellige materialsjiktene ligger direkte på hverandre uten noen form for luftspalte eller luftede sjikt, se Figur 8. I slike tak vil taktekningen kunne fungere som en del av lufttettingen, men det forutsetter at avslutninger (som f.eks. på parapet) får lufttett utførelse (klemte med klemløst eller tilsvarende). Kompakte tak vil ha to mer eller mindre damptette sjikt, dampsperra og taktekningen. Bruk av trebaserte materialer mellom to damptette lag må unngås fordi eventuelt inntengt fukt kan forårsake råte.

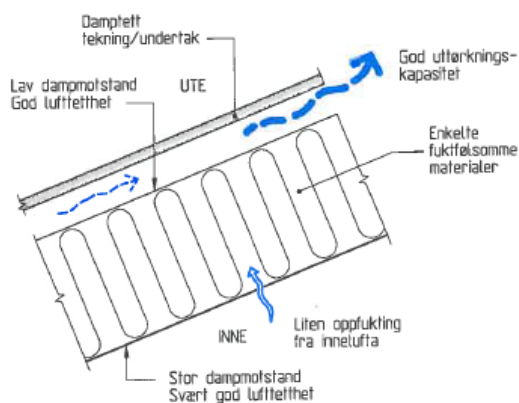
Kompakte tak blir å oppfatte som varme tak med sannsynlig snøsmelting til følge. Hovedregelen er at kompakte tak derfor må utføres med innvendige nedløp for å unngå at smeltet snø renner ut på kalde soner av taket (takutstikk) hvor det kan fryse til is og skape problemer.



Figur 8: Prinsipiell oppbygning av kompakt tak[Fuktboka 2002]

5.3 Luftede tak

Med luftede takkonstruksjoner forstås tak der det over varmeisolasjonen og under taktekingen finnes et hulrom som skal kunne gjennomstrømmes av uteluft, se Figur 9. Denne uteluften skal kunne luften ut eventuell fuktighet i takkonstruksjonen uten å forringe takets isolerende evne. Samtidig skal utluftingen gi lav temperatur på tekingen slik at snø ikke smelter. Gode uttørkingsforhold er en viktig egenskap hos luftede takkonstruksjoner.



Figur 9: Prinsippskisse luftede tak [Fuktboka 2002]

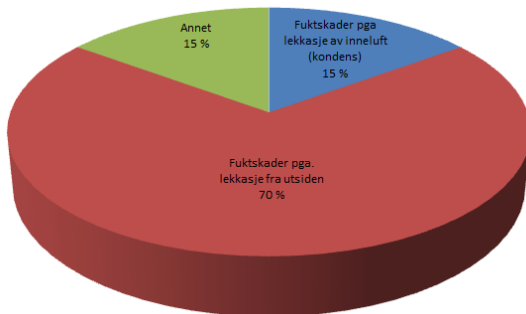
5.4 Byggfukt

Bygningsmaterialer som f.eks. betong og tre har i et nytt bygg et overskudd av fukt, såkalt byggfukt, som må tørke ut før materialene får likevektsfukt-innhold i henhold til luftfuktigheten i bygningen. I tillegg kan det i forbindelse med takarbeider i nedbørsrike perioder komme til dels betydelige fuktmengder inn i takene. Uttørring er en prosess som kan ta lang tid. Det er derfor viktig å gi konstruksjonen en uttørkingsmulighet og unngå å bygge inn fukt mellom to damprette sjikt, spesielt der det er trebaserte materialer mellom de damprette sjiktene. Kompakte tak med tung mineralull på betongdekke og med tekning av asfalt takbelegg eller folie, inneholder ingen organiske materialer som kan skades av fukt. Ny betong kan imidlertid inneholde svært mye fuktighet som etter hvert kan bevege seg opp i isolasjonen og redusere varmeisolasjonsevnen. Denne løsningen kan enkelt fuktsikres ved å legge et damp tett sjikt (plastfolie) på betongdekket før isolering og tekning monteres.

Overskuddsfuktigheten i betongen hindres da i å bevege seg (diffundere) oppover i konstruksjonen og kondensere, men kan senere (over lang tid) ha mulighet til å tørke ut nedover. Dette er en løsning vi vet fungerer.

5.5 Skader

SINTEF Byggforsk har i sitt skadearkiv et rikholdig utvalg av rapporter om fuktskader. Fukt enten som lekkasje fra utsiden eller som kondens fra innsiden, er to av de dominerende skadeårsakene, se Figur 10.



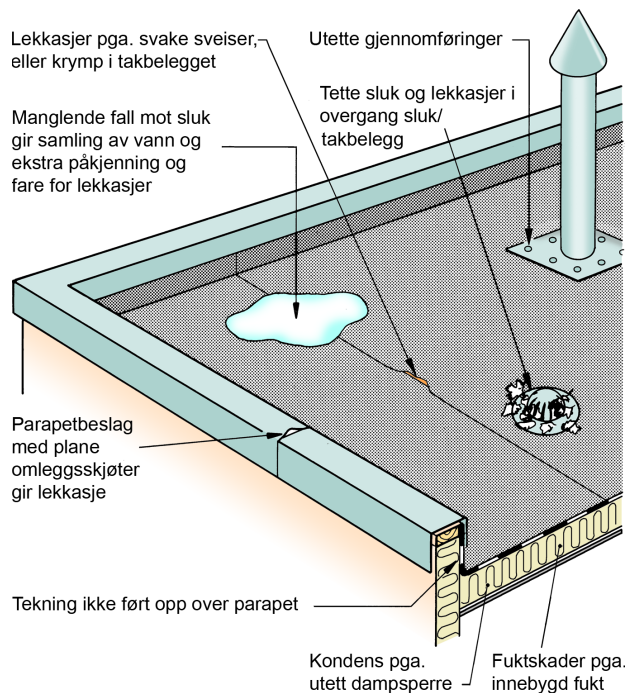
Figur 10: Oversikt vanlige fuktskader i tak

Vanlige årsaker til fuktskader i kompakte tak er utette beslag og overgangsløsninger, dårlige fallforhold, utette gjennomføringer, punktering av tekning og utett dampsperre [Fuktboka 2002].

Figur 11 viser et typisk eksempel på en gjennomføring som er vanskelig å få tett, mens de vanligste feilene på flate kompakte tak illustrert i Figur 12. Andre eksempler skader og feil er kompakte tak med trebaserte og råtefarlige materialer mellom to tette sjikt, bruk av utvendig nedløp og stormskader på tak.



Figur 11: Taknedløp gjennom bærende stålplater med utett dampsperre [Byggforskserien 725.118]



Figur 12: Vanlige skader og feil på flate kompakte tak
[Byggforskserien 700.110]

5.6 Råte og mugg

Den viktigste faktoren for soppvekst er mengden tilgjengelig vann. Råteutviklingen kan bli akselererende fordi forråtningsprosessen frigjør vann. De enkelte organismene har bestemte grenser for hvor tørt eller fuktig det kan være ved vekst. Blir det for tørt stanser veksten opp. Enkelte arter dør så snart de tørker ut, mens andre overlever uttørring i flere år.

For at sopp sporer skal kunne spire på eller i trevirke, kreves i de fleste tilfeller temperaturer over 10 °C og fritt vann. Hvis trevirket først er infisert, trengs temperaturer over +5 °C og trefuktighet helst over 20 % (likevektsfuktighet ved RF = 85 %) for videre vekst. Ved langvarige perioder med ideelle forhold, vil et angrep kunne bli svært omfattende. Mugg kan forekomme på overflater som utsettes for fuktighet over noe tid tilsvarende RF 75 % for trebaserte materialer og 85 % for mineralull.

Råtesopper er spesialisert til å bryte ned cellulose og/eller lignende. De må derfor ha treverk eller produkter som har innhold av slike stoffer (f.eks. papir) for å leve.

Muggsopp som forekommer i bygninger har imidlertid stor evne til å finne næring i mange forskjellige materialer, f.eks. gummi, lakk, maling, næringsmidler, papir, plast og treverk. Mugg i bygninger kan gi estetiske og helsemessige problemer i tillegg til luktproblemer.

I den omfattende undersøkelsen av fukt i kompakte tak under forskningsprosjektet Klima2000 ble det ikke påvist noen klar sammenheng mellom målt fuktighet og biologisk vekst [Fukt i kompakte tak 2008].

6 ULIKE TYPER DAMSPERRE

6.1 Generelt

Den tradisjonelle dampsperreren har en fast dampmotstand med en s_d -verdi større eller lik 10 m. Produkter med s_d -verdi $\leq 0,5$ m omtales vanligvis som *dampåpne* og brukes som utvendig vindsperre og som dampåpne undertak/kombinert undertak og vindsperre. Materialer mellom disse grensene omtales som *dampbremsere*. Slike produkter kan gi litt uttørkingsevne mot inneluften på bestemte vilkår: s_d -verdien bør være lavere enn 2 m og inneluften må være tørr. Dampbremsere har relativt liten nytteverdi i moderne vegger og tak. *Smarte dampsperrer* derimot kan gi tak en betydelig uttørkingsevne og samtidig beskytte taket mot oppfukning innenfra, se avsnitt 6.3.

6.2 Ordinære dampsperrer med fast dampmotstand

Polyetenfolie, *PE-folie*, er i dag nærmest enerådende som materiale til dampsperre. Det anbefales å bruke 0,2 mm i kompakte tak da denne har god mostand mot punkteringer og skader. I skrå luftede tretak og i yttervegg anbefales å bruke 0,15mm da denne er lettere å legge i hjørner etc. og har vanligvis tilstrekkelig styrke mot punkteringer og skader.

Andre typer. I kompakte tak kan det være aktuelt med dampsperre av andre materialer med større mekanisk styrke enn PE-folier eller som er sveisbare og gir større lufttetthet. De mest aktuelle er asfalt takbelegg med stamme av glass- eller polyesterfilt, takfolier av polyvinylklorid (PVC) eller butyl. Dampsperrer med høy mekanisk styrke og sveiste eller klebete skjøter og som kan fungere som midlertidig tekning, kalles ofte takfuktsperrer.

6.3 Dampsperrer med uttørkingsevne ("smarte dampsperrer")

Med smarte dampsperrer menes dampsperrer som har varierende damptetthet avhengig av den relative fuktigheten. Den fysiske virkemåten på disse produktene varierer, men hovedprinsippet er at dampsperra skal fungere som en ordinær damp tett dampsperre hoveddelen av tiden, dvs. den skal hindre at vanndamp fra innelufta trenger ut i konstruksjonen. Hvis konstruksjonen derimot er fuktig, for eksempel fra lekkasjer eller liknende, slik at RF inne i konstruksjonen blir svært høy, vil dampmotstanden reduseres slik at det blir uttørkingssmulighet innover.

Det er utviklet forskjellige smarte dampsperrer med RF-avhengig vanndampmotstand. For eksempel kan en smart dampsperre ha en s_d -verdi på f.eks. 5 m når RF er under ca. 40 % RF og f.eks. 0,2 m når RF er over 80 %. Med slike egenskaper hos dampsperra vil det være lav risiko for oppfukning av takkonstruksjonen i vintersituasjonen, og større uttørkingspotensiale innover i sommersituasjonen.

I skandinaviske strøk er RF i innelufta normalt godt under 40 % om vinteren, noe som medfører at slike produkter kan yte stor motstand mot at vanndamp transporteres ut i konstruksjonen. På sommeren er gjerne inneluftas RF vesentlig høyere, typisk mellom 50 og 70 % RF. I tillegg kan eventuell fukt transporteres innover i konstruksjonen, spesielt dersom solstråling hever den utvendige temperaturen på konstruksjonen. Dermed vil den smarte dampsperreren oppleve relativt høy RF og følgelig få en lav dampmotstand.

Smarte dampsperrer har særlig vært utprøvd på lette kompakte tretak som har svært liten uttørkingssmulighet utover. I slike takkonstruksjoner er uttørkingssmuligheten innover ekstra stor da takflaten kan få høye temperaturer om sommeren når det er sol, og et slikt produkt vil åpne for at den innadrettede fukttransporten om sommeren kan unnsnippe til innelufta.

En annen type dampsperre som også kan slippe gjennom fukt fra taket og ned i rommene under, er Icovario. På oversiden er det tre striper med en spesiell folie som sørger for at diffusjonsmostanden varierer med fuktnivået. Prinsippet er at jo større fuktinnholdet er i takkonstruksjonen, jo mer diffusjonsåpen blir folien.

6.4 Reflekterende dampsperrer

Det finnes også varmerefleterende dampsperrer på markedet. Varmeoverføring i bygninger skjer ved stråling i hulrom, ledning i gasser og materialer, konveksjon i hulrom og porøse materialer og luftlekkasjer gjennom utettheter. Varmerefleterende dampsperrer øker isolasjonsevnen i lukkede hulrom ved å redusere den dominerende strålingsoverføringen. For øvrig tilfredsstiller den kravene som normalt er stilt til en dampsperre.

7 UTFØRELSE

7.1 Ordinære bygg

7.1.1 Bruk av mekaniske festemidler

I 1992 ble det i tidligere NBIs (nå SINTEF Byggforsk) laboratorier gjort en undersøkelse av luftgjennomgang i dampsperrer, omleggsskjøter og gjennom dampsperrer punktert av mekaniske festemidler. Luftgjennomgang forårsaket av "feilmontasjer" er betydelig større enn lekkasjene forårsaket av normalt monterte festemidler. Det er derfor viktig å bruke løsninger som hindrer at bor eller skruer kan skli på underlaget. Feilmonterte festemidler må ikke fjernes.

For bygningskategorier med spesielt stor innvendig klimabelastning som svømmehaller, fuktig industri av typen vaskerier, trelasttørker og liknende, fraråder SINTEF Byggforsk mekanisk innfesting av takteknninger på kompakte tak, med mindre det er benyttet dampsperre av asfaltbelegg med sveiste skjøter som enten er lagt løst på eller er sveist eller klebet til underlag av betong. I andre tilfeller bør man vurdere singelbelastet teknning, eventuelt vakuuminntestning. Selv små feil og mangler vil i bygg med høyt fukttilskudd og høyde under taket kunne føre til betydelige fuktproblemer.

7.1.2 Skjøting og lufttetthet

For å oppnå et lufttett sjikt må all skjøting utføres nøye. Dette kan utføres på flere måter. Helt lufttette sjikt oppnås bare med sveiste skjøter der dampsperra legges ut på jevne flater uten vanskelige detaljer. Dampsperre med løse omleggsskjøter bør ikke plasseres direkte på profilert stålplatetak, det gir for ujevnt underlag.

Omleggsskjøt

Forsøk har vist en relativt høy luftgjennomgang i løse omleggsskjøter og at det ikke er noen entydig sammenheng mellom omleggsbredde og luftgjennomgang. Løse omleggsskjøter bør derfor bare brukes for risikoklasse R1 som beskrevet i kapittel 9. Dampsperra må da legges på et jevnt underlag (som vist i fig 13 og 14), omlegget må være 200 mm og belastes med isolasjon slik at en viss klemming oppnås. Løsningen må ikke brukes i lokaler med overtrykk eller høy fuktbelastning.

Tape

Tapeing av skjøtene på en dampsperre kan bare anbefales som fullverdig løsning så fremt tapen bare benyttes til å holde de to banene sammen i omlegget. Tapen må ikke benyttes for å overføre hverken strekk eller skjærkrefter. Bestandigheten må kunne dokumenteres. Resultatene er i stor grad avhengig av forholdene på montasjestedet. Det anbefales at tapeing benyttes i risikoklasse R2 som beskrevet i kapittel 9 og i passivhus.

Fugemasse, fugelister

God sikkerhet for lufttetthet av en omleggsskjøt kan oppnås ved å benytte fugemasse og/eller tettebånd. Ved bruk av fugemasse er det viktig å undersøke at den har dokumentert varig god heft til PE-folien. Fugemassen må ikke benyttes for å overføre hverken strekk eller skjærkrefter. I tillegg finnes det tettebånd av EPDM gummi og spesiellagede skjøte skinner som i enkelte tilfeller kan benyttes. Det anbefales at fugemasse og/eller tettebånd benyttes i risikoklasse R2, se kapittel 9, og i passivhus.

Sveising

Varmesveising av PE-folier er i dag en tungvint og derfor lite anvendt metode. Dampsperrer av asfaltbelegg eller PVC-takfolie utføres lett med sveisede lufttette skjøter. Det anbefales at sveising benyttes i risikoklasse R3 og R4 (se kapittel 9), samt i passivhus.

Dampsperre i tak med mekanisk festet takbelegg

Dampsperre i kompakte tak med mekanisk festet takbelegg utført i henhold til retningslinjene gitt i dette dokument, er ikke ansett å være noe problem i forhold til diffusjonsmotstand eller lufttetthet når dampsperra er dimensjonert som vist i kapittel 9.

7.2 Bygg med ekstra tetthetskrav - Passivhus

7.2.1 Skjøting

For at dampsperrsjiktet skal kunne bidra til å oppnå de strenge tetthetskravene i Passivhusstandarden (NS 3700, lekkasjetallet $\leq 0,6$ luftvekslinger pr time) må dampsperran monteres med lufttette skjøter.

Dampsperre i kompakte tak av 0,2 mm PE-folie lagt med løse omleggsskjøter ansees ikke som sikker nok lufttetting i passivhus.

Sikre lufttette skjøter kan en oppnå ved å bruke:

- et sveisbart eller selvklebende takbelegg
- en seigplastisk spesialfugemasse i omleggsskjøten som hefter til dampsperran
- byggtape med dokumentert varig heft til dampsperran.

Tape som ikke har dokumentasjon på varig heft til dampsperran, kan i verste fall ha generelt dårlig heft til plastfolier over tid. Disse bør bare brukes sammen med klemming, eller som nødløsning ved reparasjon av hull og sår i dampsperran.

Ved sluk for taknedløp må isolasjonstykkelsen være noe lavere enn på takflaten for øvrig slik at smeltevann ikke kan fryse og tette sluket. Ved gjennomføringer er det for øvrig nødvendig med ubrennbar isolasjon. Pass på at dampsperra slutter tett mot nedløpsrøret, gjerne ved bruk av prefabrikkerte mansjetter med selvklebeløsninger og eventuelt supplert med tape.

7.2.2 Tilslutninger

Lufttette tilslutninger ved gjennomføringer eller tilstøtende bygningsdeler kan sikres ved å bruke:

- Seigplastisk spesialfugemasse
- Byggtape
- Tosidig klebebånd av butyl
- Forskjellige typer mansjetter
- Flexi-wrap.

Alle disse produktene må tilfredsstillende emisjonskravene til produkter som er eksponert mot innemiljø, og må således være lavemitterende, se avsnitt 2.2.

Vær særlig oppmerksom på at det for stålbygg med sandwichelementer ofte kan være vanskelig å få overgangen tak/vegg tett. Slike overganger må derfor detaljeres skikkelig.

8 OPPSUMMERING AV SINTEF BYGGFORSK SINE ERFARINGER

- Å la være å montere dampsperran i et kompakt tak med en bærekonstruksjon med uttetter gir risiko for uønsket fuktansamling i taket.
- Å la være å montere dampsperran på en plasstøpt betongdekkekonstruksjon tillater byggfukten fra betongen å vandre utover i konstruksjonen og fukte opp denne.
- Selv om vi vet at mange tak kan ha brukbar selvuttørkende evne, er det viktig å hindre fukt i å komme inn i taket under byggingen.
- Tette dampsperrer fungerer som en bremse på uttørring av innebygd byggfukt i isolasjonssjiktet da uttørring innover i varmt sommerklima reduseres. Det er derfor viktig å ha kontroll med at fukt fra regn og snø ikke lukkes inne i isolasjonssjiktet.
- Forskjellen mellom dampsperre av 0,20 mm PE-folie og f.eks. 0,8 mm PVC er i de fleste tilfellene ikke vesentlig. PE-folien er imidlertid mer damptett, mens sveiset PVC-belegg vil bli mest lufttett.
- Isolasjonstykkelsen eller type mineralullisolasjon påvirker uttørkingsforløpet i liten grad.
- Lys tekning gir mindre uttørring innover enn mørk.
- Asfalt takbelegg er mer damptett enn takfolie og gir dermed mindre uttørring utover.
- Sørvendte, hellende tak gir større uttørring innover enn flate eller nordvendte tak.
- Kystklima gir mindre mulighet for uttørring enn innlandsklima.

9 VALG AV DAMSPERRE PÅ GRUNNLAG AV SIKRE ERFARINGSBASERTE LØSNINGER

Valg av dampsperreløsning i en bygning må foretas ut fra en helhetsvurdering der følgende må inngå:

- Innvendig luftfuktighet og temperatur
- Innvendig trykk under taket
- Type bæresystem
- Uteklime

Luftede tak og kompakte tak er to alternative takutførelser. Utført riktig skal begge gi trygge konstruksjoner. Valg og riktig utførelse av dampsperran er like viktig i luftede tak som i kompakte tak.

Luftede skrå tak inneholder i mange tilfeller trebaserte materialer. Det er derfor viktig med riktig utførelse av både innvendig og utvendig sperresjikt, at alle former for gjennomføringer og tilslutninger er planlagt med tanke på mulig utførelse i praksis, og at luftingen fungerer som forutsatt.

I kompakte tak forutsetter vi at det ikke benyttes råtefarlige materialer med mindre det er utført en grundig fuktteknisk vurdering.

Nedenfor er det vist en måte å finne samlet "risikoklasse" på grunnlag av ovennevnte helhetsvurdering. Man må først finne belastningspoeng fra hver av de fire typer belastningsforhold, for så å finne risikoklasse på grunnlag av sum av belastningspoeng.

Nødvendig dampsperreløsning framkommer som et resultat av risikoklassen.

Metoden kan benyttes for så vel kompakte tak som for luftede tak:

- Finn belastningspoeng etter en skala fra 0 - 10 for hver type belastning i henhold til tabell Tabell 6.
- Finn summen av belastningspoeng.
- Finn risikoklasse. Det er benyttet fem risiko-klasser, R4 er den strengeste og R1 den mildeste.
- Velg type dampsperre og utførelse av dampsperra i henhold til tabell Tabell 7.

For de fleste tilfeller skulle skjemaet være selv- forklarende, eventuelt med støtte fra beregningseksemplene. Å finne belastningspoeng for innvendig klima, kan gjøres ved enten alternativ a) eller b):

- a) Anslå fuktinnholdet i inneluften på grunnlag av forventet temperatur og RF i dimensjonerende vintersituasjon. Her kan Tabell 2 og Figur 2 være til hjelp. Innendørs RF kan være vanskelig å anslå og denne måten kan bli noe unøyaktig.
- b) Anslå fuktinnholdet i inneluften som en sum av uteluftens fuktinnhold og forventet fukttilskudd (se kap. 4) for bygningstypen. Til hjelp kan Tabell 5 benyttes. Den bygger dels på undersøkelser og dels på antagelser, og den viser inneluftens fuktinnhold som funksjon av uteluftens laveste månedsmiddeltemperatur (Tabell 8) og fukttilskuddet.

Tabell 5: Inneluftens fuktinnhold som funksjon av uteluftens laveste månedsmiddeltemperatur og fukttilskuddet for bygningstypen. Laveste månedsmiddeltemperatur hentes fra Tabell 8.

Laveste månedsmiddeltemperatur		0 °C	-5 °C	-10 °C
Ikke noe fukttilskudd	0 g/m ³	4,5	3,0	2,0
Kontorbygg m/tørt innemiljø	2 g/m ³	6,5	5,0	4,0
Skoler, butikker, sykehus, sykehjem, boliger m/tørt innemiljø	4 g/m ³	8,5	7,0	6,0
Forsamlingslokaler, boliger m/fuktig innemiljø	6 g/m ³	10,5	9,0	8,0
Dusj og garderobeanlegg og fuktig industri	9 g/m ³	13,5	12,0	11,0
Svømmehaller m/avfuktingsanlegg eller fuktig industri	12 g/m ³	16,5	15,0	14,0
Svømmehaller u/avfuktingsanlegg og svært fuktig industri	≥ 13 g/m ³	> 15	>15	>15



Kommentarer:

- SINTEF Byggforsk anbefaler alltid at det legges dampsperre, da framtidige bruksendringer kan gi større fuktbelastning.
- Dampsperre av PE-folie kan brukes i de fleste vanlige bygninger. Det benyttes tette skjøter og tilslutninger i risikoklasse R2, vanlige løse omlegg kan benyttes i R1.
- En del spesielle bygninger må ha ekstra god dampsperre, her kalt takfuktsperre. Det angir et sperresjikt med bedre mekanisk styrke og også muligheten for sveiste skjøter og tilslutninger. Slik takfuktsperre bør brukes i:
 - trykkerier, vaskerier og annen fuktig industri
 - svømmehaller og garderobeavdeling i idrettshaller
 - i bygninger med overtrykksventilasjon
 - andre bygninger med spesielle fuktbelastninger.

Det kan benyttes vanlige løse omleggsskjøter i R1. Tilslutninger til gjennomføringer og tilstøtende vegger må utføres med nøyaktig tilpasning.



Tabell 6: Dimensjoneringskjema for valg av dampsperre

P1 Innvendig klima	P2 Innvendig trykk	P3 Konstruksjon	P4 Utvendig klima	ΣP P1 + P2 + P3 + P4
Poengskala for forventet totalt fuktinnhold i innendørsluften.	Poengskala for forventet innvendig trykk under taket.	Poengskala for konstruksjonens egentetthet.	Poengskala for forventet utendørs temperaturforhold.	Sum belastningspoeng fra de fire belastningsforholdene.
Vurderes i henhold til byggets bruk, innvendig temperatur og RF for dimensjonerende vintersituasjon. Til hjelp benyttes <i>Tabell 2</i> . Eventuelt kan inneluftas vanndampinnhold hentes direkte fra <i>Tabell 5</i> og <i>Tabell 8</i> .	På bakgrunn av byggets utforming og plassering av åpninger og utettheter, finnes nøytralaksen. Legg til 1 Pa derfra for hver meter opp til taket. Adder til evt. ventilasjonsbasert trykk og finn resulterende trykk rett under taket (kan i noen tilfeller gi undertrykk).	Plasstøpte betongkonstruksjoner vurderes som tette og gis 0 belastningspoeng under forutsetning at den er tørr. Fuktig betong gis samme belastningspoeng som tre-/stål-konstruksjon. Stålkonstruksjoner vurderes som åpne. Ved mange gjennomføringer i taket: Velg ett poengtrinn høyere.	Laveste utvendige måneds-middeltemperatur for aktuelt byggested for dimensjonerende vintersituasjon, se <i>Tabell 8</i> .	Summen benyttes til å finne risikoklasse. Deretter finnes nødvendig dampsperrøsning.
Poengskala: 0 - 10 P Vanndampinnhold Poeng < 4 g/m ³ 0 4 - 8 g/m ³ 2 8 - 15 g/m ³ 5 > 15 g/m ³ 10	Poengskala: 0 - 10 P Vanndampinnhold Poeng < 0 Pa 0 0 - 2 Pa 2 2 - 5 Pa 5 > 5 Pa 10	Poengskala: 0 - 10 P Egentetthet i konstruksjon Poeng Plastøpt betong, tørr 0 Prefabrikkert betong, tørr 2 Tre-/stål, fuktig betong 5 Tre-/stål-+gj.føringer 10	Poengskala: 0 - 10 P Månedsmiddeltemp. Poeng > 0 °C 0 0 - ÷5 °C 2 ÷ 5 - ÷10 °C 5 < ÷10 °C 10	Sum Poengskala: 0 - 10 P

Tabell 7: Risikoklasse og krav til dampsperre

Risikoklasse	Sum belastningspoeng	Krav til dampsperre
R1	$0 < \Sigma P < 12$	0,2 mm PE-folie lagt med 200 mm løse omlegg
R2	$12 \leq \Sigma P < 22$	0,2 mm PE-folie lagt med 200 mm klemte omlegg og utført med tette tilslutninger (klemming, tapeing, fugemasse)
R3	$22 \leq \Sigma P < 32$	a) Takfuktsperre av asfalt takbelegg lagt med sveiste skjøter og tette tilslutninger. b) Takfuktsperre av 0,8 mm PVC-folie (evt. annen) lagt med sveiste skjøter og tette tilslutninger.
R4	$\Sigma P \geq 32$	a) Takfuktsperre av asfalt takbelegg lagt med sveiste skjøter og tette tilslutninger. b) Takfuktsperre av f.eks. 0,8 mm PVC-folie lagt med sveiste skjøter og tette tilslutninger med 0,15 mm PE-folie løst utlagt med løse omlegg i tillegg for å få tilstrekkelig dampmotstand. NB! For $P \geq 32$ anbefales ikke mekanisk innfesting av selve taktekkingen, med mindre det er benyttet dampsperre av belegg med sveiste skjøter som enten er lagt løst på eller er sveist eller klebet til underlag av betong.

Tabell 8: Laveste måned middeltemperatur oppgitt for en del målestasjoner

Stasjon	Stasjon	Stasjon
Finnmark fylke	Trondheim - Voll -3,4	Lyngør -1,1
Alta-Elvebakken -8,3	Selbu -4,2	Telemark fylke
Ingøy -2,7	Berkåk -6,5	Gvarv -6,5
Kistrand -6,5	Røros -11,2	Dalen i Telemark -5,0
Mehamn -4,9	Møre og Romsdal	Vefall i Drangedal -5,4
Tana -9,9	Kristiansund N. 0,9	Jomfruland -2,0
Rustefjelbma -11,2	Ørsta -0,8	Tveitsund -4,2
Vardø -5,2	Tafjord 0,1	Buskerud fylke
Vadsø -6,9	Runde 2,1	Eggemoen -7,8
Ekkerøy -6,3	Ålesund 2,1	Buskerud -7,7
Kirkenes -9,8	Ona 2,1	Modum -6,9
Karasjok -14,8	Gjermundnes -0,3	Nesbyen II -10,9
Kautokeino -14,4	Åndalsnes -1,0	Geilo -9,1
Siccejavre -14,3	Molde -0,9	Dagali -8,2
Troms fylke	Sunddal -4,5	Lyngdal i Numedal -7,1
Sandøy i Senja -1,8	Tingvoll -2,2	Svene -8,3
Gibostad -4,0	Sogn og Fjordane	Kongsberg III -6,7
Bardufoss -9,0	Myrdal -6,4	Oppland fylke
Sommarøya i Senja -1,9	Vangsnes -0,3	Fokstua -10,4
Dividalen -9,0	Balestrand 0,1	Dombås -9,0
Skibotn -5,8	Fjærland -3,6	Vågåmo -9,6
Tromsø -4,0	Lærdal-Tønjum -2,7	Vinstra -10,8
Torsvåg Fyr -1,2	Leikanger -0,6	Vollen i Slidre -10,6
Nordland fylke	Luster Sanatorium -4,2	Lillehammer II -9,0
Nordli III -	Fortun -5,1	Østre Toten -7,0
Majavatn -6,9	Førde i Sunnfjord -2,2	Hedmark fylke
Brønnøysund -0,8	Kinn 1,9	Tynset II -12,8
Hattfjelldal -	Brandsøy 1,2	Alvdal -11,2
Skålvær -0,4	Nordfjordeid -1,3	Drevsjø -11,1
Mo i Rana -6,4	Oppstryn -1,8	Koppang-Øyset -11,2
Myken	Hordland fylke	Rena -10,5
Glomfjord -1,4	Indre Matre 0,7	Ytre Rendal -8,6
Rognan -7,4	Svandalsflona -7,2	Trysil -10,1
Bodø -2,4	Ullensvang -0,7	Kise på Hedmark -6,8
Fauske -4,0	Kvamskogen -3,4	Hamar -8,1
Grøtøy -0,9	Slirå -10,0	Flisa -8,4
Bjørnfjell -	Voss II -5,0	Vinger -7,3
Narvik -4,2	Bergen 1,3	Skotterud -6,8
Offersøy -2,5	Syfteland -0,8	Akershus fylke
Skrova -0,9	Modalen -2,4	Gardermoen -6,9
Svolvær -1,8	Rogaland fylke	Hvam -6,8
Røst	Klepp 0,2	Fornebu -4,6
Eggum -0,7	Sola 0,4	Asker -5,2
Bø i Vesterålen -1,5	Stavanger 0,8	Ås -5,2
Andenes -1,5	Sauda -2,4	Oslo fylke
Nord-Trøndelag fylke	Skudesnes II 1,3	Tryvasshøgda -5,6
Meråker -5,1	Utsira Fyr 1,6	Oslo - Blindern -4,7
Værnes -3,4	Vest-Agder fylke	Østfold fylke
Ytterøy -2,7	Kristiansand S -1,3	Rygge -4,7
Steinkjer -3,9	Kjevik -1,9	Råde-Tomb -4,1
Kjevli i Snåsa -6,4	Oksoy -0,3	Kalnes -4,1
Namsos -3,0	Mandal II -1,1	Råde -4,1
Høylandet -7,3	Konsmo -2,6	Brekke Sluse -4,5
Grong -5,1	Lista Fyr 0,3	Vestfold fylke
Nordøyen	Tonstad -2,1	Horten -3,2
Sør-Trøndelag fylke	Aust-Agder fylke	Stokke -4,2
Vallersund -0,4	Grimstad -1,0	Eidsberg -4,8
Ørland -0,8		



REGNEEKSEMPEL 1a)

Boligblokk i Oslo, 4. etasje, prefabrickerte betongkonstruksjoner med få gjennomføringer i taket. Balansert ventilasjon. Det er antatt bruk av dampsperre, men hvilke krav bør settes til denne?

Innvendig klima:

Ved dimensjonerende vintersituasjon antas:

- innetemperatur + 23 °C
- innvendig relativ fuktighet 35 %.

Fra Tabell 2 finner vi at maksimalt fuktinnhold ved 23 °C er 20,6 g/m³, og følgelig vil forventet fuktinnholdet når RF = 35 % blir $0,35 \cdot 20,6 \text{ g/m}^3 \approx 7 \text{ g/m}^3$.

Eventuell bruk av Tabell 5 og Tabell 8:

Laveste månedsmiddel i Oslo: -4,7 °C \approx 5 °C

Bolig med liten fuktproduksjon, fra tabell 4 finnes forventet fuktinnhold i inneluften: 7 g/m³.

Poengsum: P1 = 2p

Innvendig trykk:

Fire etasjer gir ca. 12 m høy bygning. Antar jevn fordeling av utettheter over alle etasjer, men at etasjeskillerne er ganske tette slik at nøytralaksen ligger noe høyere enn byggets halve høyde, f.eks. 8 m over bakken. Trykket under taket på grunn av termisk oppdrift av luft blir da ca. 4 Pa. Tillegg for ventilasjonsbasert trykk blir her 0. (Vi er klar over at dette kan variere en del, avhengig av styring og kontroll av anlegget).

Poengsum: P2 = 5p

Konstruksjon:

Prefabrickerte betongkonstruksjoner gir 2 p, se Tabell 6.

Siden det bare er få gjennomføringer vurderes det her unødvendig å gå opp et trinn.

Poengsum: P3 = 2p

Utvendig klima:

Tabell 8 gir for Oslo laveste månedsmiddel på -4,7 °C.

Poengsum P4 = 2p

Sum belastningspoeng:

$\Sigma P = 2 + 5 + 2 + 2 = 11$ p som gir risikoklasse R1

Dampsperra kan utføres med 0,2 mm PE-folie med 200 mm omlegg.

REGNEEKSEMPEL 1b)

Samme boligblokk som i a) plassert i Bergen:

Innvendig klima:

Ved dimensjonerende vintersituasjon i januar/ februar antas:

- innetemperatur + 23 °C
- innvendig relativ fuktighet 40 %.

Fra Tabell 2 finner vi at maksimalt fuktinnhold ved 23 °C er 20,6 g/m³, og følgelig vil forventet fuktinnholdet når RF = 40 % blir $0,40 \cdot 20,6 \text{ g/m}^3 \approx 8 \text{ g/m}^3$.

Eventuell bruk av Tabell 5 og Tabell 8:

Laveste månedsmiddel i Bergen: 1,3 °C \approx 0 °C

Bolig med liten fuktproduksjon, fra tabell 4 finnes forventet fuktinnhold i inneluften: 8,5 g/m³.

Poengsum: P1 = 5p

Innvendig trykk:

Samme vurdering som tilfelle a)

Poengsum: P2 = 5p

**Konstruksjon:**

Samme vurdering som tilfelle a)

Poengsum: $P3 = 2p$

Utvendig klima:

Tabell 8 gir for Bergen laveste månedsmiddel på 1,3 °C.

Poengsum: $P4 = 0p$

Sum belastningspoeng:

$$\Sigma P = 5 + 5 + 2 + 0 = 12$$

som gir risikoklasse R2

Dampsperra kan utføres med 0,2 mm PE-folie, men det anbefales tette skjøter og tilslutninger ved hjelp av skikkelig klemming samt tape eller fugemasse.

REGNEEKSEMPEL 2

Svømmehall i Tromsø, 8 meter takhøyde, stålkonstruksjoner i taket med noen gjennomføringer. Klimaanlegg er planlagt slik at luftfuktigheten ikke skal overstige 55 % om vinteren ved innnetemperatur på 30 °C. Hvilke krav skal settes til dampsperrsjiktet?

Innvendig klima:

Fra Tabell 2 finner vi at maksimalt fuktinnhold ved 30 °C er 30,6 g/m³, og følgelig vil forventet fuktinnholdet når $RF = 55\%$ blir $0,55 \cdot 30,6 \text{ g/m}^3 \approx 16,8 \text{ g/m}^3$.

Eventuell bruk av Tabell 5 og Tabell 8:

Laveste månedsmiddel i Tromsø: -4,0 °C

Svømmehaller med avfuktingsanlegg eller klimaanlegg, fra tabell 4 finnes forventet fuktinnhold i inneluften når det leses av for utetemperatur på -5 °C: 15 g/m³.

Poengsum: $P1 = 10p$

Innvendig trykk:

Antar at utetthetene er plassert ved tyngdepunktet av vinduer ca. 2-3 m over golv (= nøytralaksen). Det gir innvendig trykk under taket:

$$\begin{aligned} p &= 0,04 \cdot (t_i - t_u) \cdot \Delta h \\ &= 0,04 \cdot (30 - (-5)) \cdot (8 - 3) \\ &= 7 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Hvis det ikke er innlagt styring og regelmessig overvåking av undertrykksventilasjon, er erfaringene at slikt undertrykk ikke skal tas med i beregningene.

Poengsum: $P2 = 10p$

Konstruksjon:

Stålkonstruksjon gir 10 p, se Tabell 6. Stålkonstruksjon gir liten egenetthet. Selv få gjennomføringer kan gi store luftlekkasjer. For et slikt bygg vil det kanskje her være riktig å velge ett poengtrinn høyere enn konstruksjonen alene skulle tilsi på grunn av luftlekkasjefaren ved gjennomføringene.

Poengsum: $P3 = 10p$

Utvendig klima:

Tabell 8 gir for Tromsø laveste månedsmiddel på -3,5 °C

Poengsum $P4 = 2p$

Sum belastningspoeng:

$$\Sigma P = 10 + 10 + 10 + 2 = 32 \text{ p}$$

Dampsperra utføres i henhold til krav i risikoklasse R4.

Med god styring og kontroll av klimaanlegget slik at det vinterstid oppnås $RF \leq 50\%$, at undertrykksventilasjon etterstrebes og kontrolleres, og at planleggerne så langt som mulig unngår gjennomføringer i tak, vil gjøre at dampsperra kan utføres i henhold til kravene i risikoklasse R3.

10 DETALJLØSNINGER

For at konstruksjonene skal fungere som de skal, må:

- konstruksjonsoppbyggingen planlegges på en slik måte at de utførende håndverkere har mulighet til å oppnå en kontinuerlig og lufttett dampsperra.
- det velges løsninger og utførelser som minsker risiko for innbygging av fuktighet (nedbør, byggfukt).

Utetthetene oppstår vanligvis der det er komplisert å få til et kontinuerlig, tett tettesjikt:

- ved overgang tak/vegg
- ved gjennomføringer
- rundt innfelte lysarmaturer, m.v.
- i tilslutninger ved hovedbæresystemet, søyler, dragere og mot vinduer
- ved åpne omleggsskjøter i dampsperra
- ved sprang i tak- og veggplanet
- i overganger mellom ulike konstruksjoner
- når omleggsskjøter bare klemmes med panelbord.

Figurene i det etterfølgende og på forsiden viser hvordan god lufttetthet i konstruksjonene kan oppnås.

Følgende retningslinjer må følges:

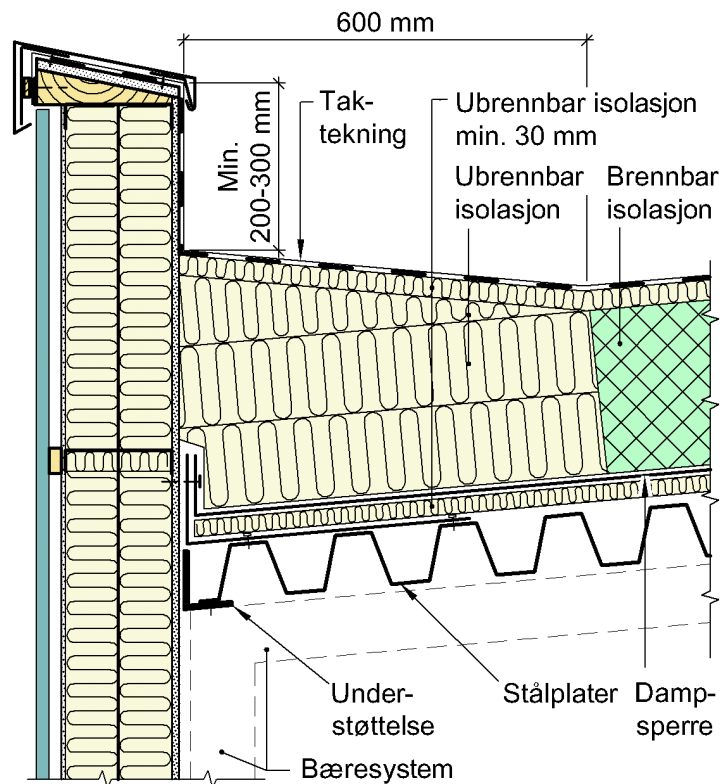
- Plasser hovedbæresystemet, søyler og bjelker i sin helhet, inne i bygningen. Konstruksjonsdelene blir dermed liggende i et stabilt inn klima. Varmeisolasjon og dampsperra kan da føres kontinuerlig forbi hovedbæresystemet.
- Bruk ikke tynnere enn 0,15 mm, helst 0,2 mm, plastfolie.
- Betrakt dampsperra mest som et lufttettende sjikt. For takkonstruksjoner der det er mulig, bør skjøtene klemmes med egen klelekt med skrue-/ spikeravstand c/c 150 mm.
- Planlegg med mest mulig plane, ensartede flater uten sprang som krever vanskelige skjøter og oppdeling av dampsperra.
- Sørg for kontinuitet i dampsperra i overgang mellom yttervegg og tak.
- Unngå punktering av dampsperra. Legg elektriske anlegg, armaturer, kabler, rør, øvrig utstyr, kanaler m.v. i nedforingen på undersiden av dampsperra. Det gjør at det ikke er nødvendig å ta hull på dampsperra.

Figurene 13 til 19 viser eksempler på bruk av dampsperra i kompakte tak og hvordan overgang tak/vegg utføres for å gi tilfredsstillende tetting:

Figur 13

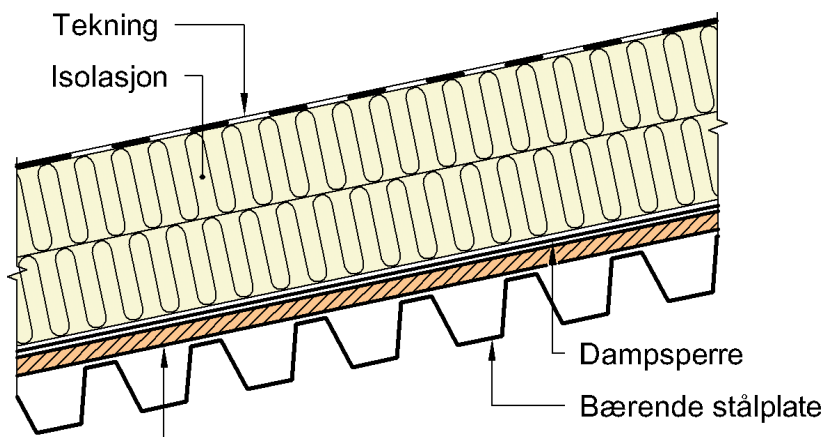
Viser anbefalt føring og klemming av dampsperran der bærende profilerte stålplate i tak er ført frem til innvendig veggliv

[Byggforskserien 525.207]



Figur 14

Dampsperrer lagt direkte på profilerte stålplater og utført med løse omleggsskjøter blir sjelden tett. Benytt et hardt og jevnt underlag for dampsperran og trykkfast mineralull. Dampsperran bør ikke legges høyere opp enn $\frac{1}{4}$ av den totale isolasjonstykkelsen.

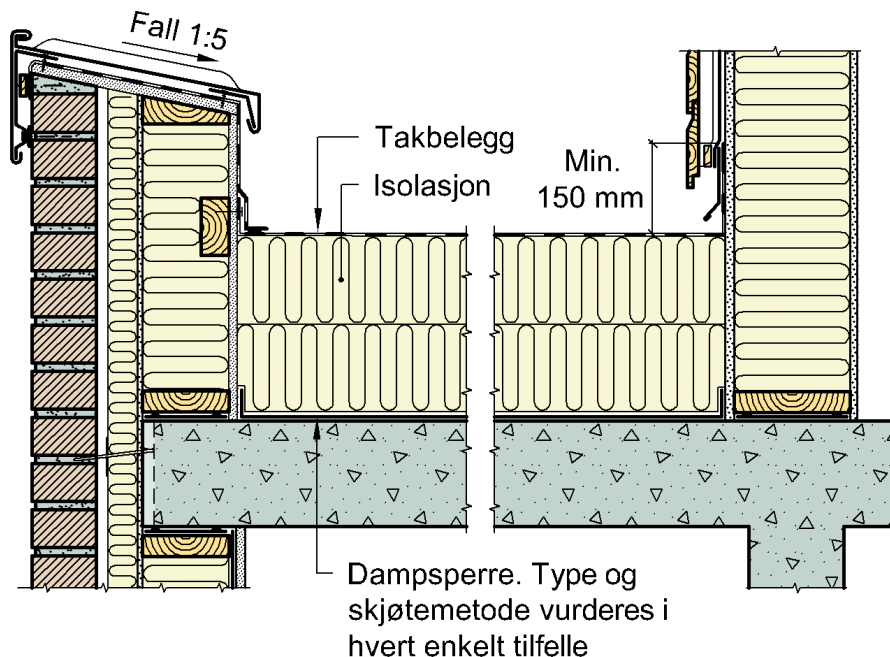


Benytt en trykkfast plate kl. K1-A eller av ubrennbar isolasjon som underlag for dampspærre på profilerte stålplater

Figur 15

Eksempel på utførelse av beslag, avslutning av taktekning og dampsperre, samt bruk av brennbar isolasjon
 [Byggforskserien 525.207]

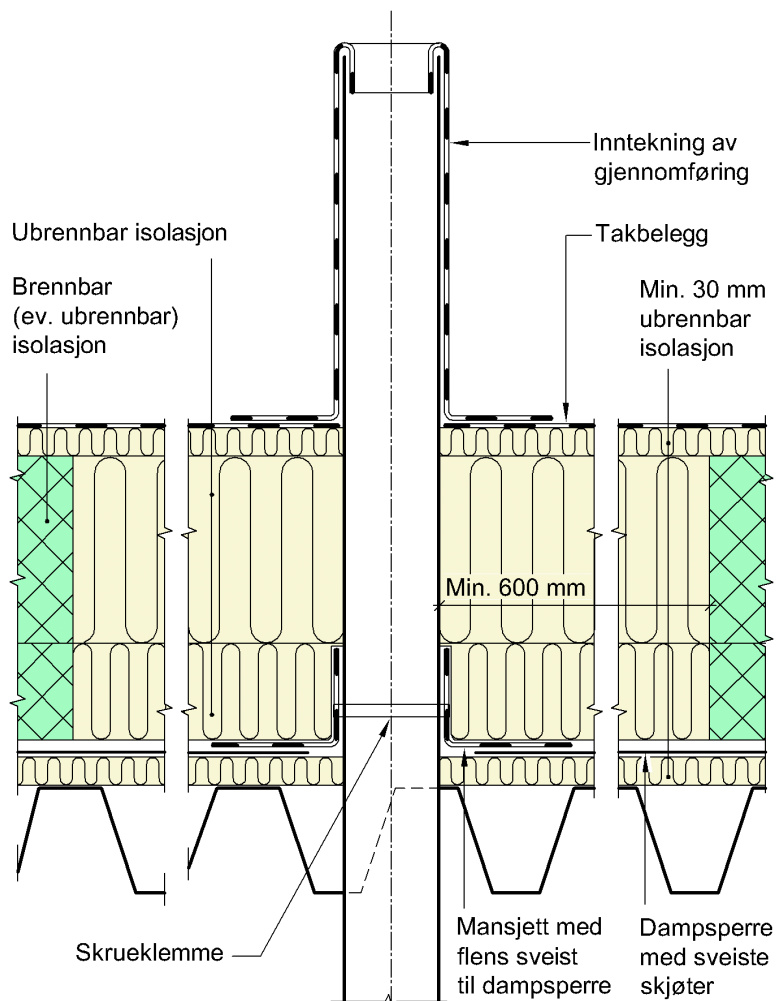
Dampsperrer er her vist med løse omleggsskjøter og avslutninger klemt med vekten av overliggende isolasjon og fra mekanisk innfesting av takbelegget. Løsningen tilfredsstiller kravene i TEK10. For passivhus anbefales dampsperrer med sveiste skjøter, eventuelt skjøter tettet med seigplastisk fugemasse eller med tape med dokumentert varig heft til dampsperrer.
 Se pkt. 7.1.2 og kap. 9.



Figur 16

Rørgjennomføring i et stålplatetak der både taket og inntekningen er utført med takfolie. Figuren er vist med høykvalitets dampsperre med sveiste skjøter og tett overgang til rørgjennomføringen.
 [Byggforskserien 525.207]

Det kan også benyttes forskjellige løsninger med selvklebende mansjetter og andre prefabrickerte gjennomføringsdetaljer. Se også produsentenes monteringsdetaljer.

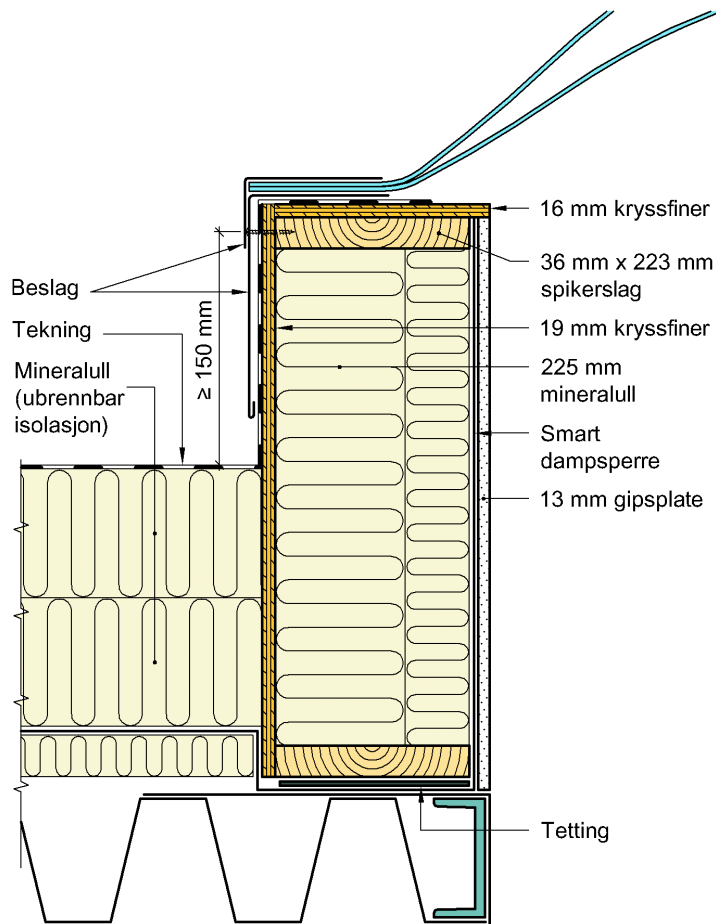


Figur 17

Overlyselement på stålplatetak.

For å sikre en viss selvuttørkingsmulighet må det benyttes en smart dampsperre på innvendig side av karmen.

[Byggforskerien 525.775].

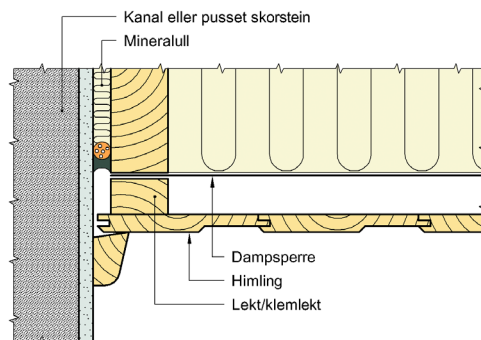


Figur 18

Tetning mot mur eller betongvegg eller mot pusset pipe av lettklinker.

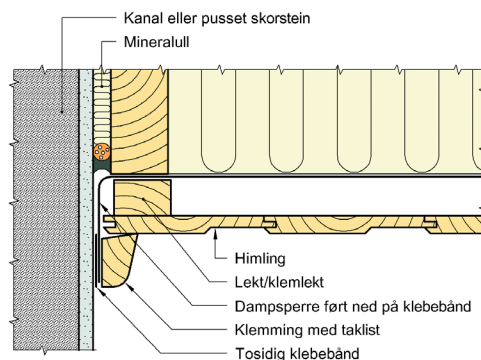
a

Tetning med mineralull og fugemasse ved tilslutning av trebjelkelag og dampsperre



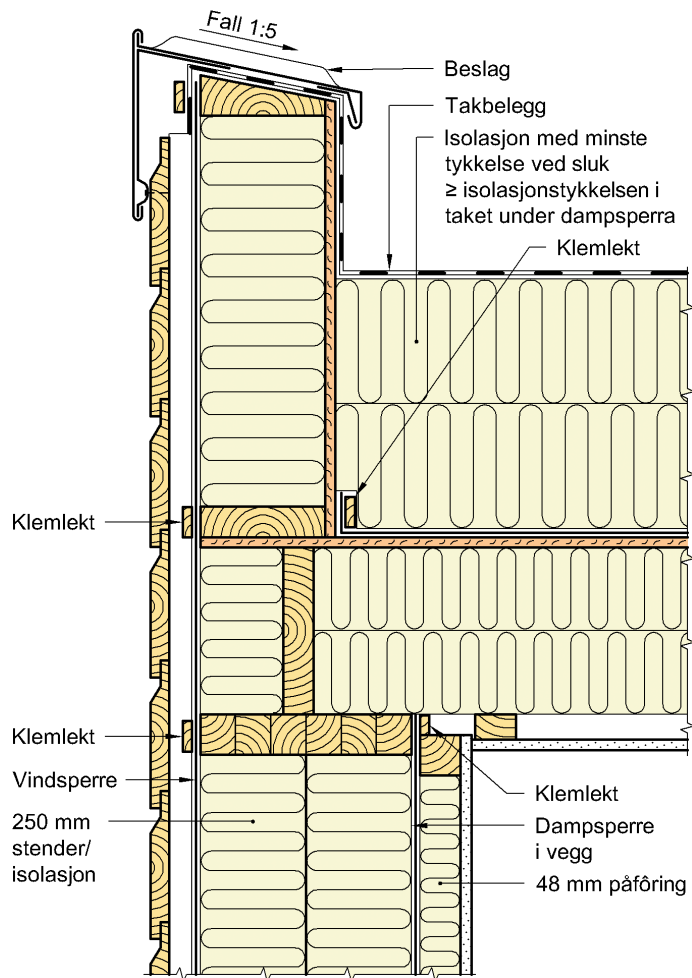
b

Tetning av dampsperre med bruk av klebebånd klemt med egen klelekt eller list.



Figur 19

Eksempel på føring av dampsperre opp til og på trebjelkelag med taktro.
 NB. Minste isolasjonstykkelse (ved slukene) må være større enn tykkelsen på isolasjonen lagt mellom bjelkene under dampsperra.
 Dampsperra må ha klemte avslutninger.





11 REFERANSELISTE

[Geving 2010]

S. Geving, J. Holme, S. Ulvsløkk
Prosjektrapport 65:
*Alternativ dampsperrer med
uttøringsmulighet mot innelufta* SINTEF Byggforsk 2010

[Fukt i kompakte tak 2008]

K. Noreng
FUKT I KOMPAKTE TAK Resultater fra en feltundersøkelse i tre faser
SINTEF Byggforsk 2008

[Luftfuktighet 2002]

J.A. Jenssen, S. Geving, J. Johnsen
Assessment of indoor air humidity in four different types of dwellings randomly selected in Trondheim, Norway.
6. Nordiske Bygningsfysikksymposium, NTNU 2002

[Trehus 2010]

K.I. Edvardsen, T. Ramstad.
Håndbok 53 – *Trehus*
SINTEF Byggforsk 2010

[Fuktboka 2002]

S. Geving, J. V. Thue
Håndbok 50 - *Fukt i bygninger*
Norges byggforskningsinstitutt 2002

[NS-EN 1991-1-4]

NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009
Eurokode 1: *Laster på konstruksjoner*
Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster
Standard Norge

Byggforskserien

[573.121] *Materialer til luft- og damptetting*, 2003

[525.207] *Kompakte tak*, 2007

[525.002] *Takkonstruksjoner. Valg av taktype og konstruksjonsprinsipper*, 2007

[573.430] *Materialdata for vanndamptransport*, 2003

[527.101] *Fryserom og fryselagre*, 2006

[527.102] *Kjølerom*, 2004