Guidebook for Achieving

THERMAL COMFORT AND ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENCES OF UTTARAKHAND

गाइडबुक: उत्तराखंड के आवासों में थर्मल आराम और ऊर्जा दक्षता बनाने के लिए

Alliance for an Energy Efficient Economy (AEEE), in collaboration with the Indian Institute of Technology Roorkee (IITR) and with support from the Ministry of Environment, Forest & Climate Change (MoEF&CC), is implementing a project entitled “Towards climate responsive and low carbon development: addressing the critical urban issues in residential and transport sector in Uttrakhand" funded by the National Mission on Himalayan Studies (NMHS) and led by the G.B. Pant National Institute of Himalayan Environment.

The residential sector guidelines under NMHS are consciously prepared for the sustainable urban development of Uttarakhand. The design, construction, and operation of residential buildings in these cold regions must resist heat loss and promote heat gain to enhance indoor thermal comfort while optimizing energy use. The guidelines, therefore, have been developed to intervene in the architectural features of the buildings, building operation, on-site renewable energy generation, and behavioral changes.

Designed to be adopted in a simple-to-apply format, these guidelines only require a simple analysis based on the designers/architects/engineers’ inputs.

Project Team
Alliance for an Energy Efficient Economy (AEEE)
Shatakshi Suman, Team Lead, AEEE
Dr. Brijesh Pandey, Senior Research Associate, AEEE
Teenu J Thaikattil, Research Associate, AEEE
Saumya Swasti, Project Associate, AEEE
Krishan Sharma, Project Co-ordinator, AEEE

Design Team
Teenu J Thaikattil, Research Associate, AEEE
Tanuj Joshi, Executive (Graphics and Video), AEEE

Copyright: © 2023, Alliance for an Energy-Efficient Economy (AEEE) 37, Link Road, Block A Lajpat Nagar III, Lajpat Nagar, New Delhi-110024 [T] +91-11-4123 5600, info@aeee.in [W] www.aeee.in

Disclaimer: The recommendations provided in this guidebook are to optimize the building’s heating demand and operational carbon in the residential sector through climate-responsive design. It is based on the detailed work carried out to prepare the report on “Guidelines for climate-responsive and low-carbon building design in the cold climate of Uttarakhand”*. The figures, numbers, and tables used in the guidebook are a replication of the guidelines report.

The guidebook is based on the best available information in the public domain. Every attempt has been made to ensure the correctness of the data. However, AEEE does not guarantee the accuracy of any data nor accept any responsibility for the consequences of using such data.

*Pandey, B., Das, N., Shatakshi, S., &; Rajasekar, E. (2023). Towards Climate responsive and Low Carbon Development: Addressing the Critical Urban Issues in Residential sector in Uttarakhand. New Delhi: Alliance for Energy-Efficient Economy

एलायंस फॉर एनर्जी एफिशिएंट इकोनॉमी (एइइइ) ने , भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान रुड़की (आईआईटीआर) के साथ और पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय (एमओईएफ और सीसी) के सहयोग से, "जलवायु अनुकूल और निम्न कार्बन भवन निर्माण प्रथाओं की प्रविस्तारण" नामक एक परियोजना पर कार्य किया है जो की उत्तराखंड में "हिमालयी अध्ययन पर राष्ट्रीय मिशन (एनएमएचएस) और जी बी . पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान द्वारा वित्त पोषित है।

उत्तराखंड के सतत शहरी विकास के लिए एनएमएचएस के तहत घर दिशानिर्देश सोच-समझकर तैयार किए गए हैं। इन ठंडे क्षेत्रों में घरों के डिजाइन, निर्माण और संचालन के ऊर्जा उपयोग को अनुकूलित करते हुए घर के अंदर अनुकूल तापमान बनाने को बढ़ावा देना चाहिए। इसलिए, दिशा-निर्देशों को इमारतों की वास्तुकला सुविधाओं, भवन संचालन, साइट पर नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन और व्यवहारिक परिवर्तनों में बदलाव करने के लिए विकसित किया गया है।

डिज़ाइन किए गए इन दिशानिर्देशों को लागू करने में आसान प्रारूप दिया गया है। इन दिशा निर्देशों को डिजाइनरों/वास्तुकारों/इंजीनियरों के इनपुट के आधार पर एक सरल विश्लेषण की आवश्यकता हो सकती है।

प्रोजेक्ट टीम

एलायंस फॉर एनर्जी एफिशिएंट इकोनॉमी (एइइइ)

शताक्षी सुमन, टीम लीड, एइइइ

डॉ. बृजेश पाण्डेय, सीनियर रिसर्च एसोसिएट, एइइइ

टीनू जे थैकटिल, रिसर्च एसोसिएट, एइइइ

सौम्या स्वस्ति, प्रोजेक्ट एसोसिएट, एइइइ

कृष्ण शर्मा, प्रोजेक्ट को-ऑर्डिनेटर, एइइइ

डिज़ाइन टीम

टीनू जे थैकटिल, रिसर्च एसोसिएट, एइइइ

तनुज जोशी, एग्जीक्यूटिव (ग्राफिक्स और वीडियो), एइइइ

कॉपीराइट: © 2023, एलायंस फॉर एनर्जी एफिशिएंट इकोनॉमी (एइइइ) 37, लिंक रोड, ब्लॉक ए लाजपत नगर III, लाजपत नगर, नई दिल्ली-110024 [T] +91-11-4123 5600, info@aeee.in [W] www.aeee.in

डिस्क्लेमर : इस गाइडबुक में प्रदान किये गए सुझाव जलवायु-उत्तरदायी डिजाइन के माध्यम से आवासीय क्षेत्र में भवन की ताप मांग और परिचालन कार्बन को अनुकूलित करने के लिए हैं। यह "उत्तराखंड की ठंडी जलवायु में जलवायु-उत्तरदायी और निम्न-कार्बन भवन डिजाइन के लिए दिशानिर्देश"* पर रिपोर्ट तैयार करने के लिए किए गए विस्तृत कार्य पर आधारित है। गाइडबुक में उपयोग किए गए आंकड़े, संख्याएं और टेबल दिशानिर्देश रिपोर्ट की प्रतिकृति हैं।

मार्गदर्शिका सार्वजनिक डोमेन में सर्वोत्तम उपलब्ध जानकारी पर आधारित है। डेटा की शुद्धता सुनिश्चित करने के लिए हर संभव प्रयास किया गया है। हालाँकि, AEEE किसी भी डेटा की सटीकता की गारंटी नहीं देता है और न ही ऐसे डेटा के उपयोग के परिणामों के लिए कोई ज़िम्मेदारी स्वीकार करता है।

*पांडे, बी., दास, एन., शताक्षी, एस., &; राजशेखर, ई. (2023). टुवर्ड्स क्लाइमेट रेस्पॉन्सिव एंड लो कार्बन डेवेलोपमेंट: एड्रेसिंग थे क्रिटिकल अर्बन इश्यूज इन रेजिडेंशियल सेक्टर इन उत्तराखंड। नई दिल्ली: अललाइंस फॉर ऐन एनर्जी एफ्फिसिएंट इकॉनमी

A step-by-step approach to reducing overall energy consumption in homes and operational/associated carbon emissions

Optimise Building's Heating Demand Through Climate-Responsive Building Design **6**

i. Building Orientation 6

ii. Building Aspect Ratio 8

iii. Window-to-Wall Ratio 10

iv. Glazing Types 12

v. Infiltration 14

vi. Wall Construction 16

vii. Roof Construction 20

viii. Incremental Impact of Recommended Building Design 22

Reduce the Home's Operational Energy Through Energy-Efficient Appliances **24**

i. Space Heating 24

ii. Water Heating 26

iii. Energy Efficient Appliances 28

Renewable Energy Integration **30**

Behavioural Interventions to Enhance Energy Efficiency in Homes **32**

Each option's impact on thermal comfort/Energy efficiency is schematically represented using an ascending hue grading from light green (poor/baseline) to dark green (best/ideal).

स्टेप दृष्टिकोण : घरों में समग्र ऊर्जा खपत को कम करने और परिचालन कार्बन उत्सर्जन को कम करने के लिए

जलवायु-उचित डिजाइन के माध्यम से घर में अनुकूल तापमान बनाये रखने में लगने वाली ऊर्जा को कम करें 7

i. बिल्डिंग ओरिएंटेशन 7

ii. भवन की लम्बाई और चौड़ाई का अनुपात 9

iii. खिड़की और दीवार का अनुपात 11

iv. ग्लेज़िंग के प्रकार 13

v. हवा का अनुचित रिसाव 15

vi. दीवार का निर्माण 18

vii. छत निर्माण 21

viii. सुझाये गए भवन डिजाइन का वृद्धिशील प्रभाव 23

ऊर्जा दक्ष उपकरणों के माध्यम से घर की ऊर्जा खपत को कम करें 25

i. घर को गरम रखने का प्रावधान 25

ii. पानी गरम करने के प्रावधान 27

iii. ऊर्जा दक्ष उपकरण 29

घर मे नवीनीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों के माध्यम से बिजली की मांग को कम करना 31

व्यवहार कुशलता द्वारा घरों को ऊर्जा दक्ष बनाने के उपाय 33

प्रत्येक विकल्प के थर्मल आराम स्तर को हल्के हरे (खराब / बेसलाइन) से गहरे हरे (सर्वश्रेष्ठ / आदर्श) तक ग्रेडिंग के पैमाने पर एक अलग रंग द्वारा दर्शाया गया है।

1 Optimise Building's Heating Demand through Climate-Responsive Building Design

i. Building Orientation

A rectangular house with a longer side facing South direction and shorter sides facing East and West direction is the most efficient.

In winter, south orientation allows low-angle winter sunlight (winter solstice) into the building through the south-facing windows, increasing solar heat gain inside homes as shown in Figure 1.

This orientation also benefits homes in summer by minimizing solar radiation from the east and west directions and cutting direct solar radiation of south-facing windows with moderate shading on windows.

A south-facing building with fenestrations predominantly facing south orientation can:

- Reduce annual heating energy demand by 16-21% (compared to a north-facing building)
- Ensure savings in the electricity bill between Rs. 2244-3186 annually.
- Provide carbon saving potential of 300-400 kg CO_2 eq. annually.

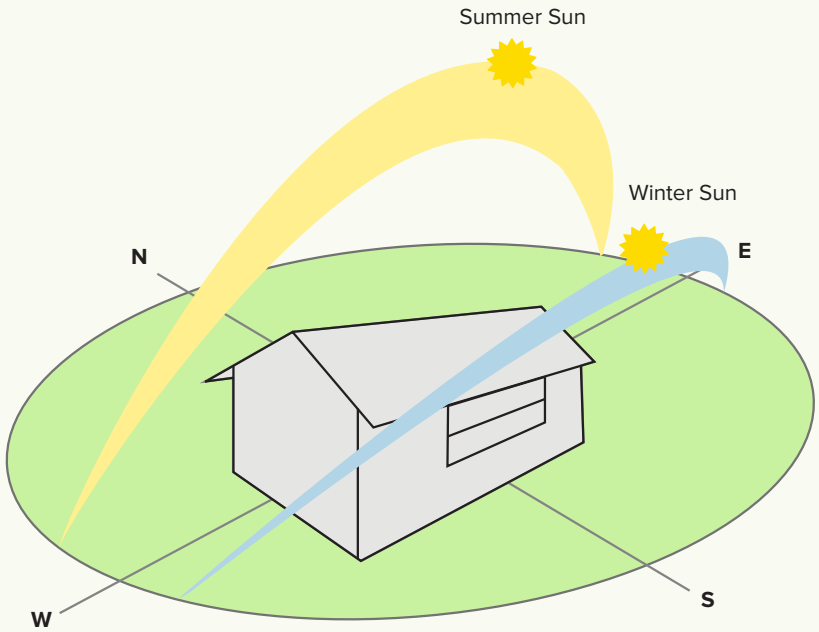


Figure 1: Ideal orientation for best thermal performance of the building depending on the site conditions.

1 जलवायु-उचित डिजाइन के माध्यम से घर में अनुकूल तापमान बनाये रखने में लगने वाली ऊर्जा को कम करें।

i. बिल्डिंग ओरिएंटेशन

एक आयताकार घर जिसकी लंबी दीवारें दक्षिण दिशा की ओर और छोटी दीवारें पूर्व और पश्चिम दिशा की ओर हों, एक ऊर्जा दक्ष घर बनाने के लिए सबसे उत्तम है।

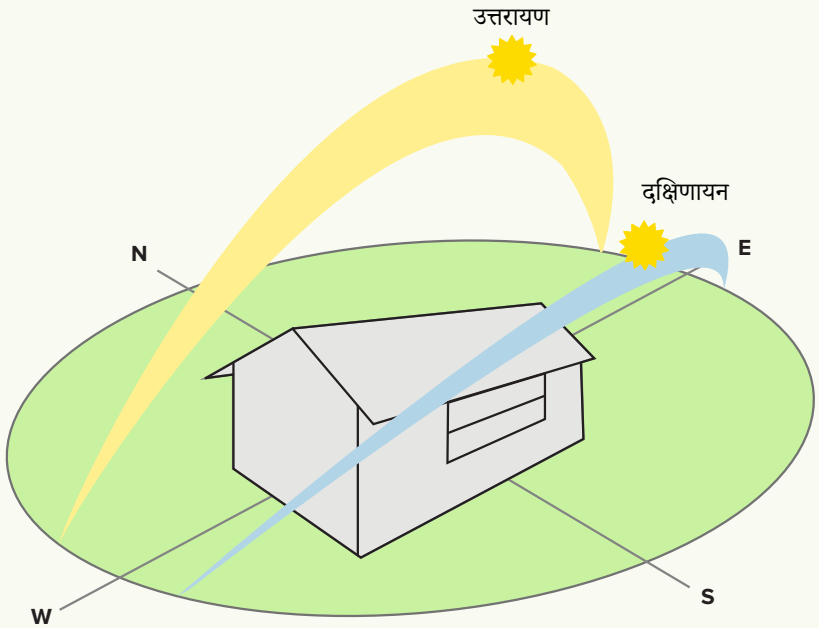
घर की लंबी दीवार को दक्षिण की दिशा में ज्यादा रखें ताकि वह सूरज की गर्मी को ज्यादा से ज्यादा ग्रहण कर सके।

सर्दियों के मौसम में सूरज का झुकाव दक्षिण दिशा की और ज्यादा होता है (दक्षिणायण) और दक्षिण की दीवारों कांच की की खिड़कियाँ सूरज की गर्मी को ज्यादा अंदर लाने में सहायक होती हैं जिससे घर के अंदर गर्मी ज्यादा बनी रहती है।

यह गर्मियों में घरों को ठंडा रखने में भी सहायक है क्योंकि यह पूर्व और पश्चिम दिशाओं से आने वाली सुबह और दोपहर की कठोर गर्मियों की धूप की माला को कम करता है और दक्षिण से आने वाली सूरज की गर्मी को माध्यम छायांकन (छज्जे की मदद) से काट सकता है।

मुख्य रूप से दक्षिण में खिड़कियों वाली एक दक्षिण- मुखी इमारत से :

- घर को गरम करने में लगने वाली वार्षिक ऊर्जा की मांग को 16-21% तक कम करें (उत्तर की ओर मुख वाली इमारत की तुलना में)
- सालाना 2244-3186 रुपये के बीच बिजली बिल में बचत सुनिश्चित करें।
- सालाना 300-400 किग्रा CO_2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।



चित्र 1: साइट की स्थितियों के आधार पर इमारत के सर्वोत्तम थर्मल प्रदर्शन के लिए आदर्श ओरिएंटेशन।

ii. Building Aspect Ratio

An aspect ratio of the building plan of 3: 1 with the longer side facing south direction is recommended.

Choosing the right building geometry has a significant effect on how much energy a house would consume, making it a significant step in designing energy-efficient and thermally comfortable homes.

The aspect ratio of a building's length to its width (x:y) impacts heat transfer in a building. The aspect ratio of a building is dependent on the plot size and site contour and the architects'/ designers' need to innovate and design to make the best use of these strategies while designing homes.

Figure 2 shows the different aspect ratios of a building in the east-west direction.

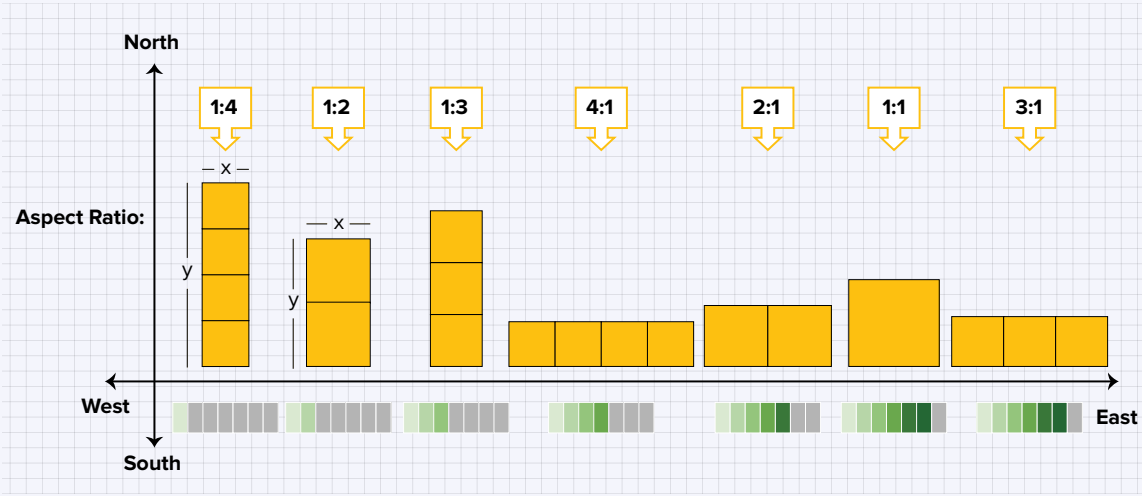


Figure 2: Thermal performance of the building plans with similar area in different aspect ratios. Cardinal directions are mentioned for reference.

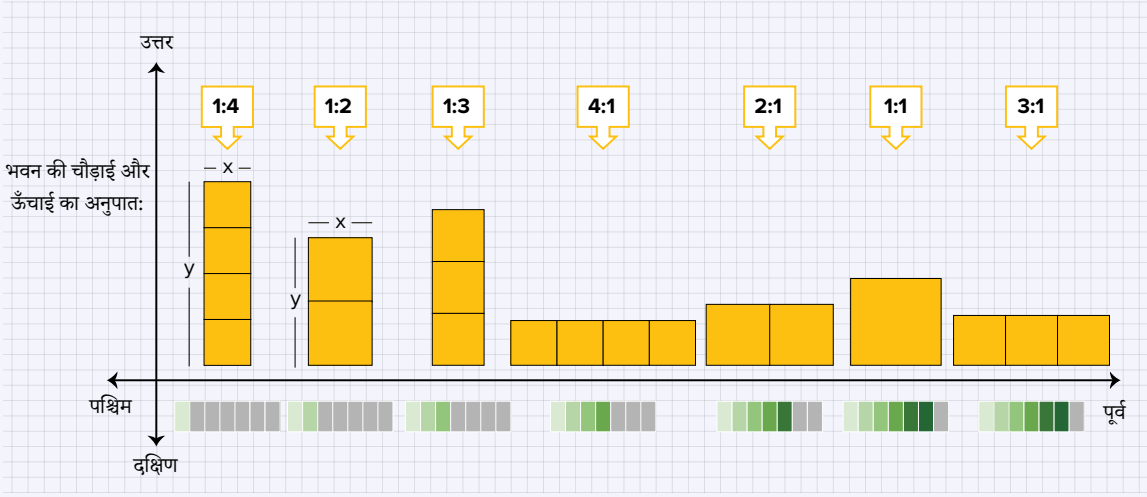
ii. भवन की लम्बाई और चौड़ाई का अनुपात

घर के निर्माण के लिए 3: 1 का घर के नक़्शे का अनुपात बेहतर है, जिसमें लंबी दीवार दक्षिण दिशा की ओर हो।

एक घर के उचित नक़्शे का चयन उसकी ऊर्जा खपत के ऊपर बहुत प्रभाव डालता है। इसलिये यह जरूरी है की हम घर के लिए एक उचित नक़्शे का चयन करें।

घर की लंबाई और उसकी चौड़ाई (x:y) का अनुपात घर ऊष्मा के स्थानांतरण को प्रभावित करता है। हालांकि, एक घर का अनुपात उसके प्लाट साइज और कॉन्टूर पर निर्भर होता है। यह घरों को डिजाइन करते समय इन रणनीतियों का सर्वोत्तम उपयोग करने में आर्किटेक्ट/डिजाइनरों की कुशलता और इनोवेटिव सोलूशन्स पर आधारित हो सकता है।

चित्र 2 पूर्व-पश्चिम दिशा में एक इमारत के विभिन्न पहलू अनुपात दिखाता है।



चित्र 2: पूर्व-पश्चिम दिशा के साथ कई भवन की लम्बाई और चौड़ाई के अनुपात का प्रदर्शन।

iii. Window-to-Wall Ratio

A window-to-wall ratio of 30% where maximum windows lie on the southern face of the building would capture more solar heat into it.

Walls and windows define a building's perimeter that separates the inside from the outside. Winter daylight and solar radiation can be easily brought into the house by placing large windows on south-facing walls.

A window-to-wall ratio (WWR) is a measure of the amount of window area on a building compared to the total exterior wall area. Figure 3 shows how different WWRs affect the window size and thermal performance of buildings.

$$\text{WWR}(\%) = \frac{\text{Total Glazing area } (m^2)}{\text{Total Gross exterior wall area } (m^2)}$$

South-facing windows with 30% WWR can:

- Reduce annual Heating energy demand by 3-6% (compared to a 10% WWR)
- Ensure savings in the electricity bill between Rs.300-600 annually.
- Provide carbon saving potential of 75-78 kg CO2 eq. annually.

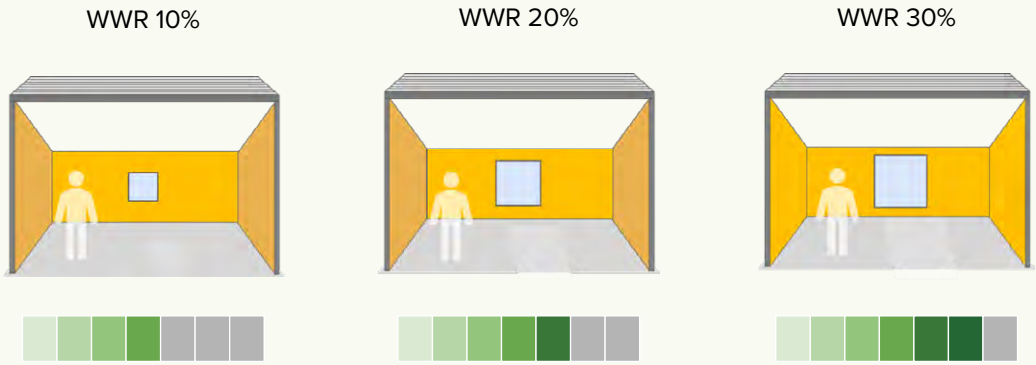


Figure 3: WWR-wise performance improvement of South facing walls of buildings.

iii. खिड़की और दीवार का अनुपात

घरों में खिड़कियों से दीवार का अनुकूलतम अनुपात 30% है जहां अधिकतम खिड़कियां घर के दक्षिण दिशा की ओर हो।

खिड़कियाँ बाहर और अंदर के वातावरण को अलग करती हैं। दक्षिण में बड़ी खिड़कियां सूरज की गर्मी को अंदर लाने में ज्यादा सहायक होती हैं। छोटी खिड़कियां सर्दियों की अच्छी धूप से घरों को गर्म करने में सक्षम नहीं होंगी, वह भी मुफ्त में

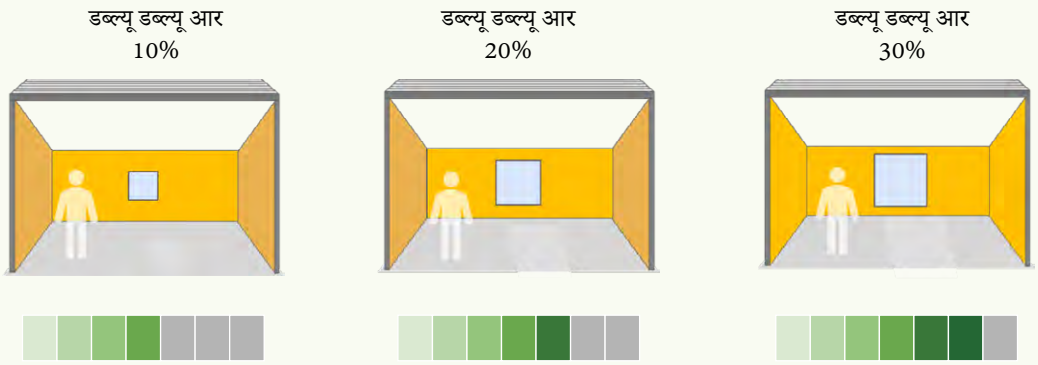
विंडो-टू-वॉल अनुपात (डब्ल्यू डब्ल्यू आर) कुल बाहरी दीवार क्षेत्र की तुलना खिड़की क्षेत्र की मात्रा से करने का एक उपाय है।

30% WWR वाली दक्षिणमुखी खिड़कीयों से:

- वार्षिक ताप ऊर्जा की मांग को 3-6% कम करें (10% डब्ल्यू डब्ल्यू आर की तुलना में)
- सालाना 300-600 रुपये के बीच बिजली बिल में बचत सुनिश्चित करें।
- सालाना 75-78 किग्रा CO_2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।

$$\text{डब्ल्यू डब्ल्यू आर (\%)} = \frac{\text{कुल खिड़कियों का क्षेत्रफल (वर्ग मीटर)}}{\text{कुल बाहरी दीवार का क्षेत्रफल (वर्ग मीटर)}}$$

चित्र 3 दिखाता है कि विभिन्न डब्ल्यू डब्ल्यू आर विंडो के आकार को कैसे प्रभावित करते हैं।



चित्र 3: उत्तराखंड की ठंडी जलवायु में इमारतों की दक्षिणमुखी दीवारों का डब्ल्यूडब्ल्यूआर का बेहतर प्रदर्शन।

iv. Glazing Types

Double-glazed windows help in reducing heat loss to the exterior environment.

Glass is a popular material for windows as it allows natural light, facilitates outside view, and enhances visual comfort. However, it can also result in heat loss at night. To address the issue, double, or triple-glazed windows are available which have insulating properties that improve energy efficiency.

As shown in Figure 4, double-glazed windows consist of two glass panels with an air gap between them. The air gap acts as an insulating layer. It can be filled with inert gas to further improve insulation, which is an expensive option. Triple glazing will further improve performance.

Another efficient glazing could be Low-Emmisivity (Low-E) glass, which can reflect the heat back into the exterior space reducing heat transfer.

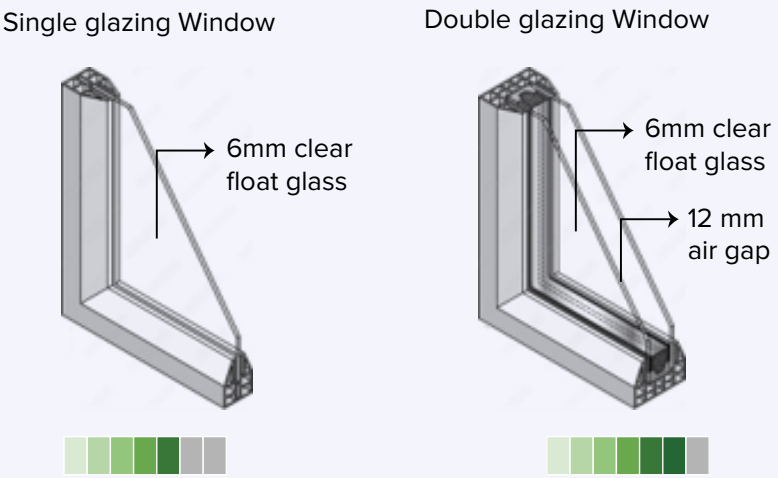


Figure 4: Building performance improvement with respect to glazing types.

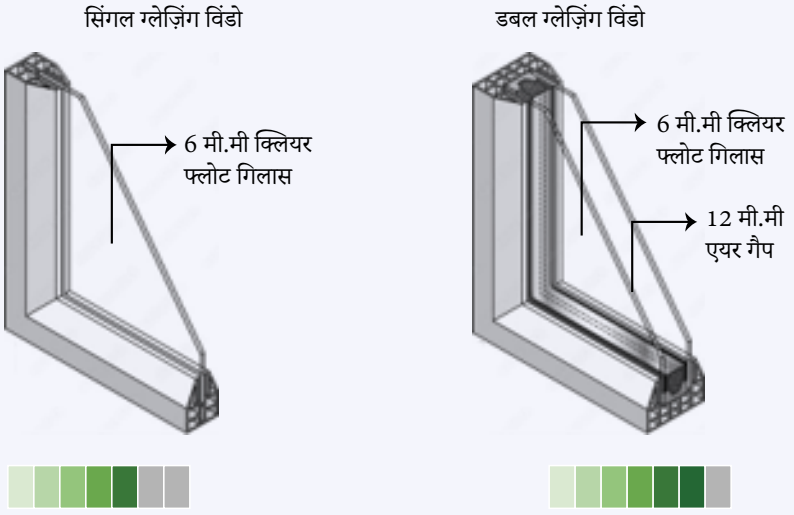
iv. ग्लेज़िंग के प्रकार

डबल ग्लेज़्ड खिड़कियों से सर्दियों में घर में गर्मी बनाये रखने के लिए लाभकारी हैं।

कांच, खिड़कियाँ बनाने के लिए लोकप्रिय सामग्री है क्योंकि यह घरों में प्रकाश और बाहर की दुनिया से जुड़े रहने में मदद करता है हालांकि, बड़ी कांच की खिड़कियों से घर रात में शीग्रह ठंडा हो जाता है।इस समस्या को हल करने के लिए डबल या ट्रिपल ग्लेज्ड विंडो जैसे विकल्प उपलब्ध हैं। डबल और ट्रिपल ग्लेज्ड विंडो में इंसुलेटिंग गुण होते हैं जो घर की ऊर्जा दक्षता में सुधार करते हैं।

जैसा की चित्र 4 में दिखाया गया है, डबल ग्लेज्ड विंडो में दो ग्लास पैनल होते हैं, जिनके बीच एक एयर गैप होता है, जो एक इंसुलेटिंग बैरियर के रूप में काम करने के लिए आर्गन या क्रिप्टन जैसी अक्रिय गैस से भरा हो सकता है, पर यह मेहेंगा विकल्प है। ट्रिपल ग्लेज़िंग और बेहतर कार्य कर सकता है।

एक और कुशल ग्लेज़िंग लो-एमिसिविटी (लो-ई) ग्लास हो सकता है, गर्मी को बहार जाने से रोकता है और वापस अंदर भेज देता है।



चित्र 4 : ग्लेज़िंग प्रकारों के संबंध में बिल्डिंग थर्मल प्रदर्शन में सुधार।

v. Infiltration

The indoor temperature and heating energy demand can be optimized by sealing leaks and infiltrations through doors and windows in the house.

Infiltration or air leakage is uncontrolled ventilation whereby air seeps into homes from outside through construction gaps, ventilators, closed doors and window spacing/cracks. The rate of air infiltration into a building is often expressed as air changes per hour (ACH). ACH is the number of total replacements of a room's air in one hour.

As shown in Figure 5, Infiltration in houses can be minimized through weather stripping of doors and windows(eg. Foam, Gasket, Seal tape/strip) and sealing cracks and construction joints using silicon-based sealants.

Limiting infiltration can:

- Reduce heating energy demand by 11-14% annually.
- Ensure savings in the electricity bill between Rs. 1500-1800 annually.
- Provide carbon saving potential of 197-245 kg CO_2 eq. annually.

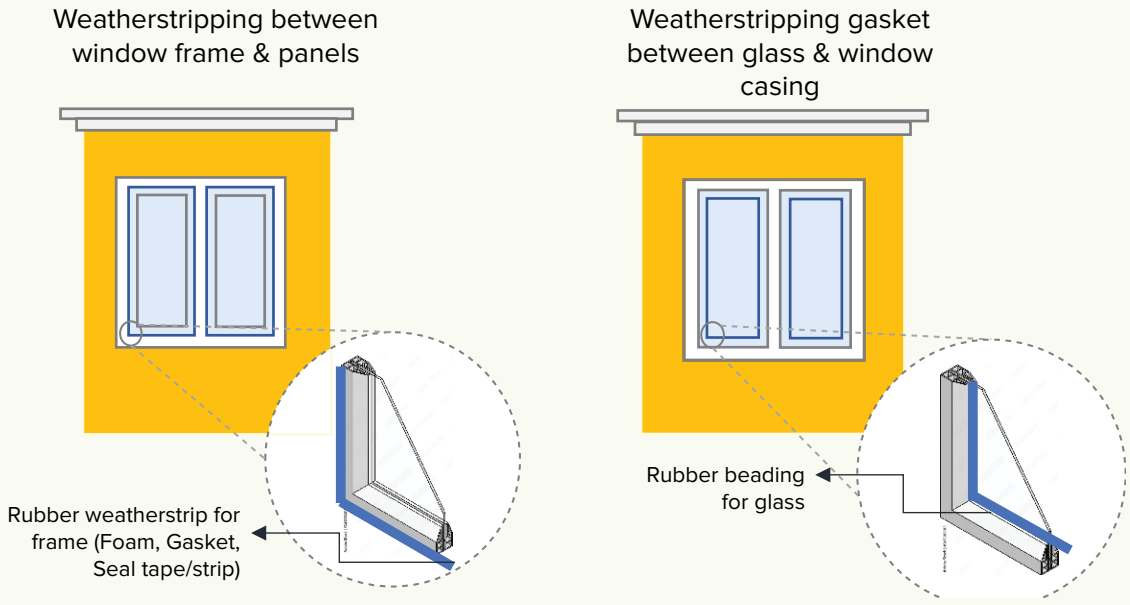


Figure 5: Schematic of weather stripping of windows

V. हवा का अनुचित रिसाव

हवा के अनुचित रिसाव को कम करके घर के अंदर के तापमान को नियंत्रित किया जा सकता है।

हवा का रिसाव अनियंत्रित वेंटिलेशन है जिसकी वजह से बाहर की ठंडी हवा, वेंटिलेटर, बंद दरवाजे और खिड़की की दरारों के माध्यम से बाहर से घरों में रिसती है। एक इमारत में हवा की रिसाव प्रति घंटा एयर चेंज रेट के रूप में व्यक्त किया जाता है। एयर चेंज रेट एक घंटे में कमरे की हवा के कुल प्रतिस्थापन की संख्या है।

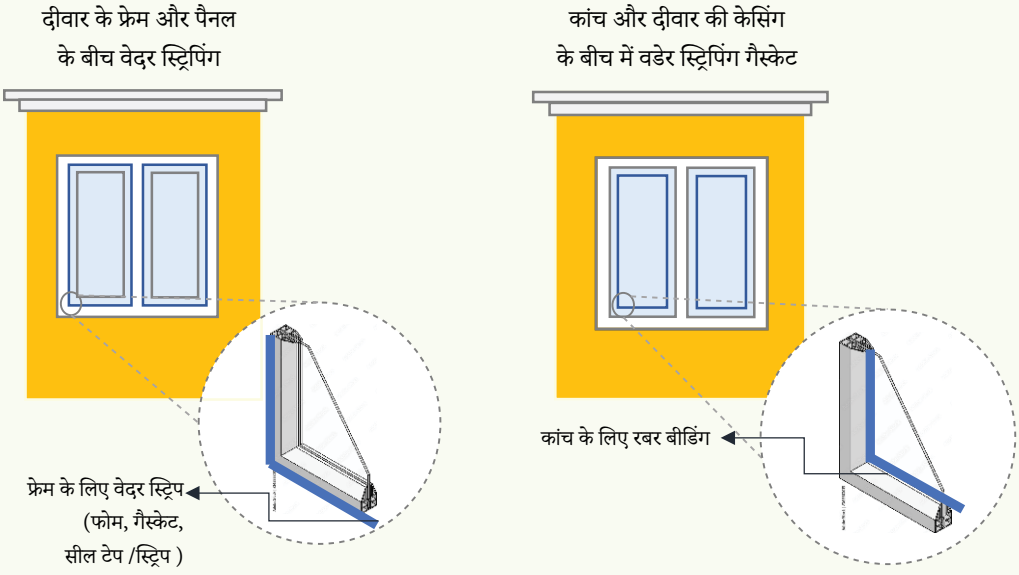
जैसा की चित्र 5 में दिखाया गया है, घरों में हवा का रिसाव इन माध्यमों कम किया जा सकता है:

दरवाजे और खिड़कियों की वेदर स्ट्रिप्पींग (फोम, गैस्केट, सील टेप/स्ट्रिप) और

सिलिकॉन आधारित सीलेंट्स का उपयोग करके दरारें और निर्माण जोड़ों को सील करना।

हवा के अनुचित रिसाव को काम करने से :

- ताप ऊर्जा की मांग को सालाना 11-14% कम करें।
- सालाना 1500-1800 रुपये के बीच बिजली बिल में बचत सुनिश्चित करें।
- सालाना 197-245 किग्रा CO_2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।



चित्र 5: खिड़कियों के मौसम स्ट्रिपिंग की योजना

vi. Wall Construction

AAC block wall with the insulation gives good thermal performance in cold climates.

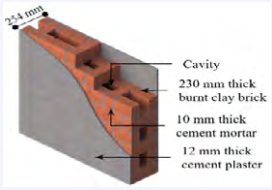
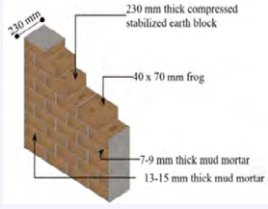
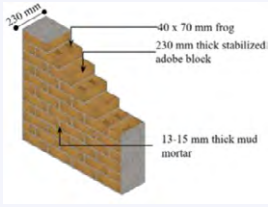
One of the best ways to attain thermal comfort indoors is by deploying the right combination of materials for building envelope construction. Reducing thermal conductivity of the wall assemblies helps prevent heat loss during winters. Walling materials with low thermal transmittance (U) values perform well thermally.

Figure 6 shows the different wall assemblies and their thermal performance used in the houses in the Uttarakhand region. It also shows how U-value of the wall changes with change in the materials.

A wall assembled of AAC with insulation can:

- Reduce heating energy demand by 5-6% annually (over a brick-cement wall).
- Ensure savings in the electricity bill between Rs. 800-1100 annually.
- Provide carbon saving potential of 108-150 kg CO_2 eq. annually.

As shown in table given below, there are few alternative wall assembly types which can be made through locally sourced materials.

Wall Type	Thickness	Wall section	U-value (W/m^2K)
Rat-trap bond wall	230 mm thick burnt clay brick + 12 mm thick interior and exterior plaster		1.67
Compressed Stabilized Earth block wall	230 mm thick compressed stabilized earth block + 13-15 mm thick mud mortar 230		1.59
Stabilized adobe	230 mm thick stabilized adobe block + 13-15 mm thick mud mortar 230		1.5

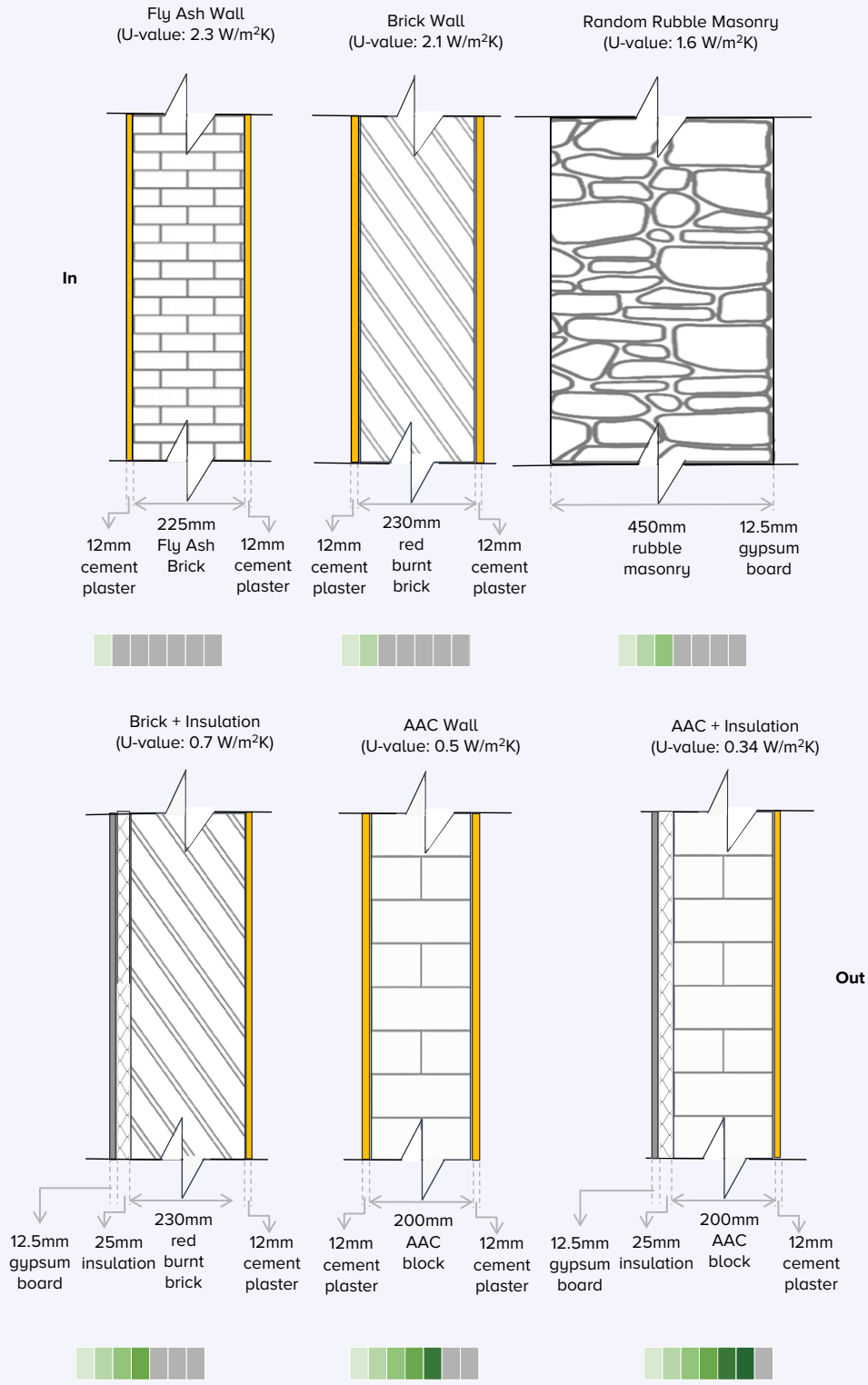


Figure 6: Thermal performance of building with different wall assembly types.

vi. दीवार का निर्माण

इन्सुलेशन के साथ एएसी ब्लॉक की दीवार अच्छी तापरोधकता प्रदान करती है और घर के तापमान का नियंत्रण करने का बेहतर उपाय है।

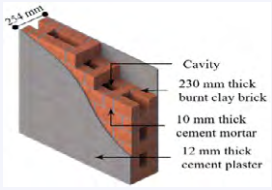
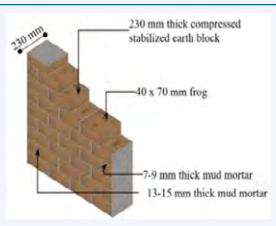
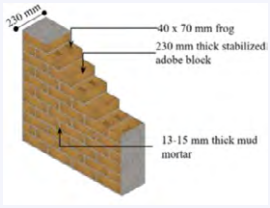
घर के अंदर थर्मल आराम प्राप्त करने के सर्वोत्तम तरीकों में से एक है निर्माण सामग्री का सही चुनाव करना। दीवार असेंबलियों की तापीय चालकता को कम करने से सर्दियों में ऊष्मा को बनाये रखने में मदद मिलती है। कम यू मान वाली दीवार इसमें अच्छा प्रदर्शन करती है।

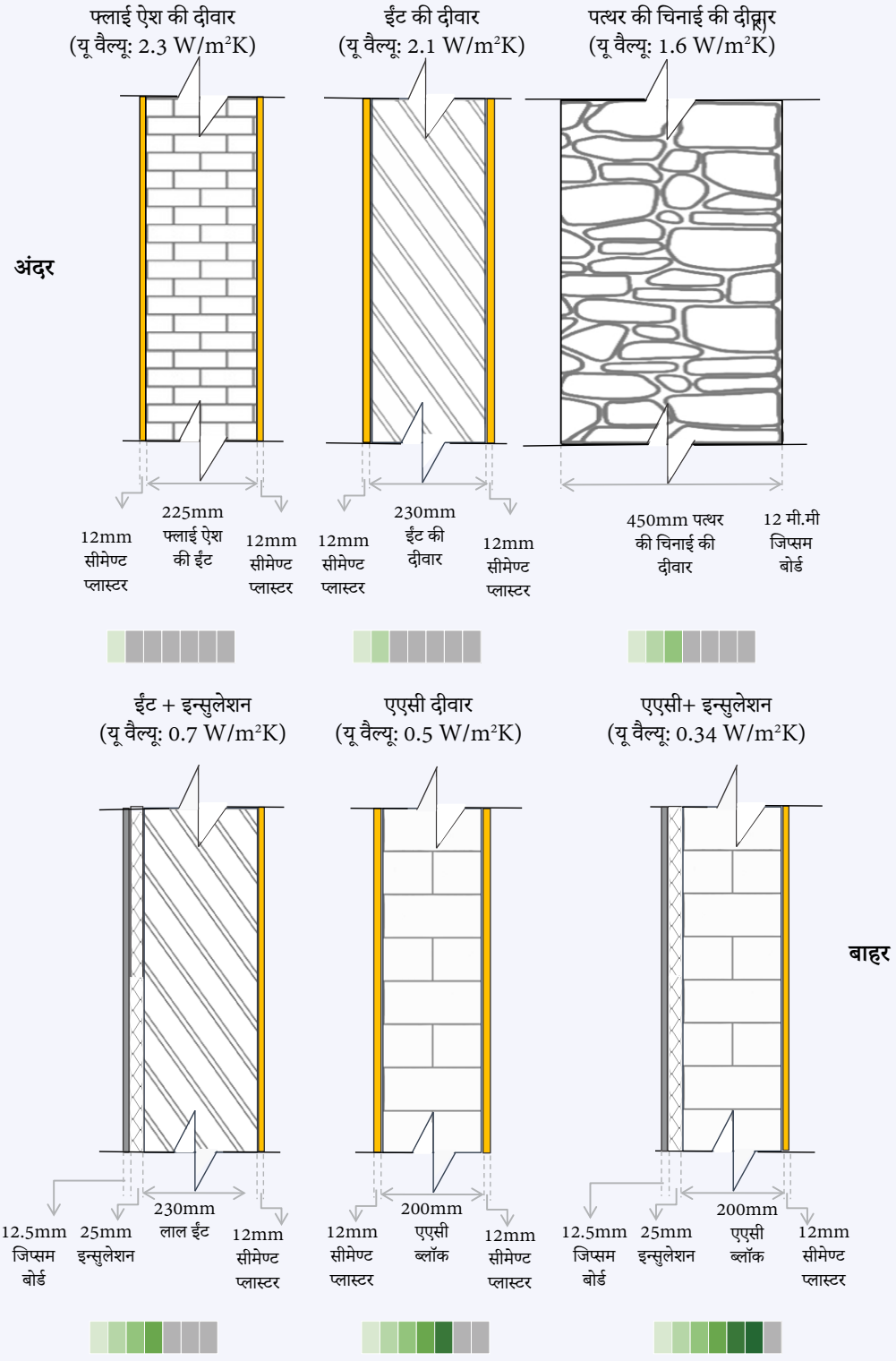
चित्र 6 उत्तराखंड क्षेत्र में घरों में प्रयुक्त विभिन्न दीवार संयोजनों को दर्शाता है। यह यह भी दर्शाता है कि सामग्री में परिवर्तन के साथ दीवार का यू-मूल्य कैसे बदलता है।

इन्सुलेशन के साथ AAC की असेंबल की गई दीवार निम्न कर सकती है:

- ताप ऊर्जा की मांग को सालाना 5-6% कम करें (ईंट-सीमेंट की दीवार पर)।
- सालाना 800-1100 रुपये के बीच बिजली बिल में बचत सुनिश्चित करें।
- सालाना 108-150 किग्रा CO_2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।

जैसा कि नीचे दी गई तालिका में दिखाया गया है, कुछ वैकल्पिक दीवार असेंबली प्रकार हैं जिन्हें स्थानीय सामग्री से बनाया जा सकता है।

Wall Type	Thickness	Wall section	U-value (W/m^2K)
रैट ट्रैप बांड वॉल	230 मिमी मोटी पकी हुई मिट्टी की ईंट + 12 मिमी मोटा आंतरिक और बाहरी प्लास्टर		1.67
कंप्रेस्ड स्टैबिलीसेड एअर्थ ब्लॉक वॉल	230 मिमी कंप्रेस्ड स्टैबिलीसेड एअर्थ ब्लॉक + 13-15 मिमी मोटी मिट्टी मोर्टार		1.59
स्टैबिलिज़ेड एडोबी	230 मिमी मोटी स्थिर एडोब ब्लॉक + 13-15 मिमी मोटी मिट्टी मोर्टार		1.5



चित्र 6: दीवार असेंबली प्रकारों के साथ घर का थर्मल प्रदर्शन।

vii. Roof Construction

Providing insulation in exposed roofs is highly effective in reducing heat loss from homes through roofs.

Thermal insulation of the roof is critical for reducing heat loss. Insulation increases the thermal resistance of the roof by insulating it and makes the house energy efficient. Types of insulation that can be used are XPS, Polyurethane, Wood cladding and Glass wool. Brick bat coba is also a traditional method of waterproofing and thermal insulation. Figure 7 shows how insulation can be added to the roof.

A roof assembled of RCC slab with insulation can:

- Reduce heating energy demand by 11-13% annually (over an RCC roof building).
- Ensure savings in the electricity bill between Rs. 1300-2000 annually.
- Provide carbon saving potential of 180-250 kg CO_2 eq. annually.

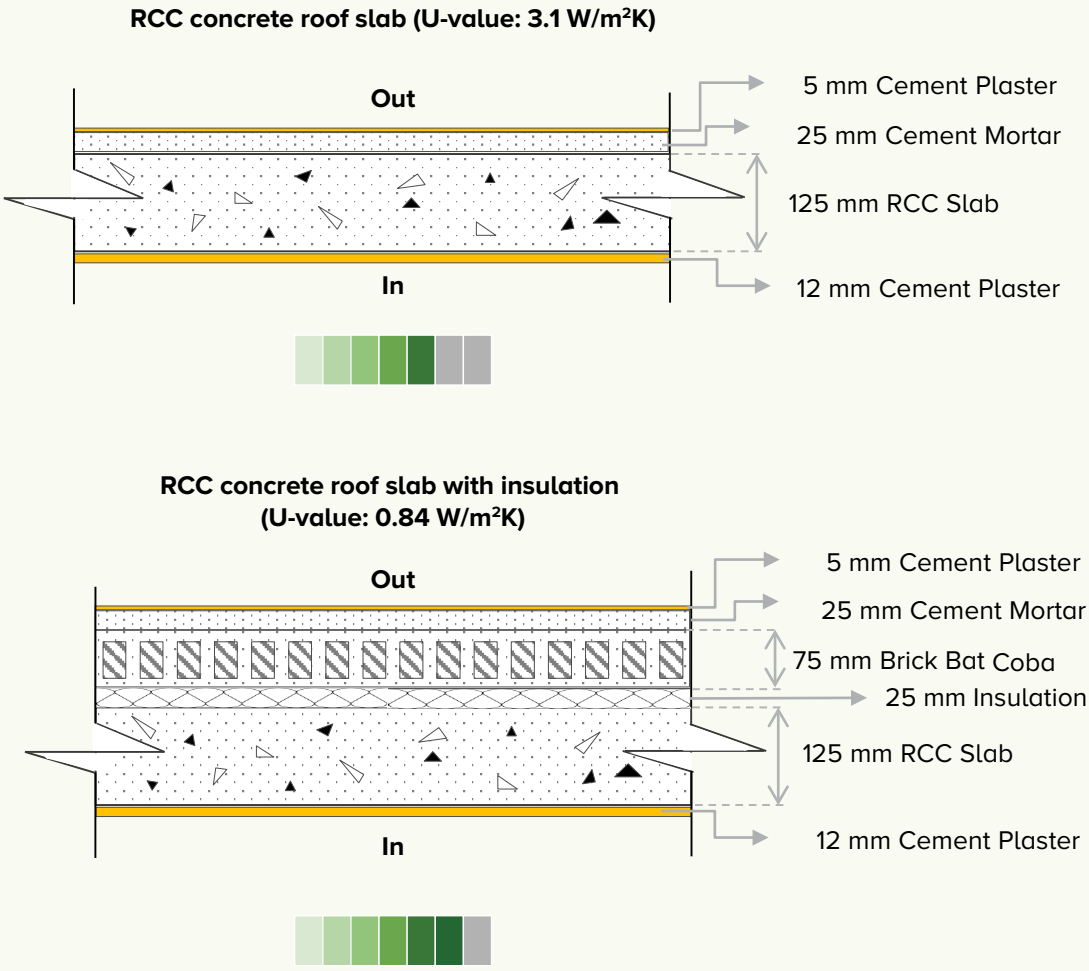


Figure 7: Thermal performance of building with roof assembly types.

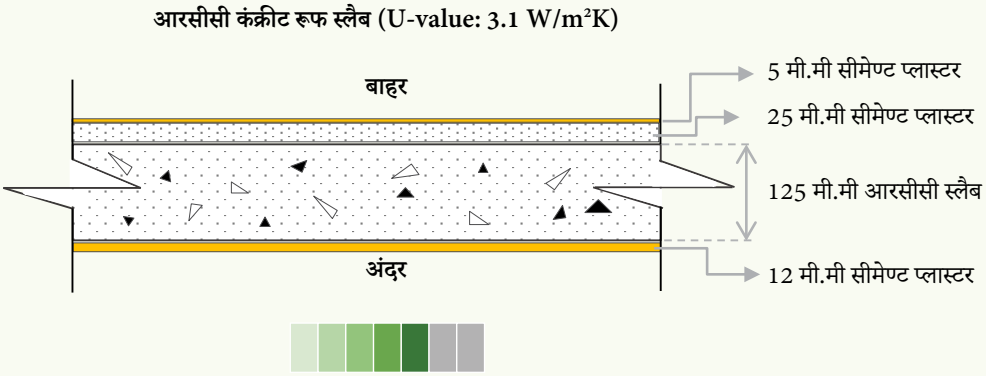
vii. छत निर्माण

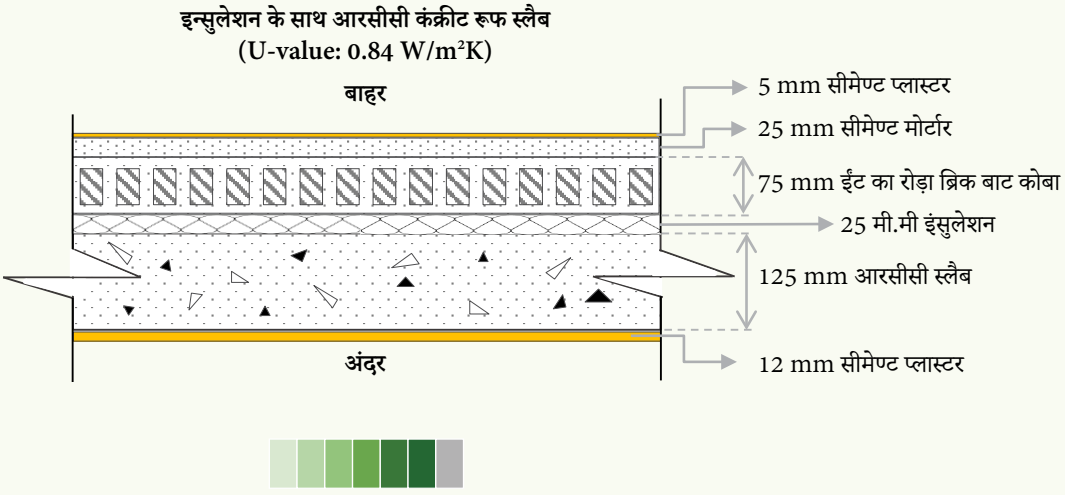
दीवारों की तरह, ऊपरी छत में इन्सुलेशन घरों को गर्म रखने में अत्यधिक प्रभावी होता है।

छत के साथ इंसुलेशन घर के अंदर के तापमान को नियंत्रित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यह छत की ताप रोधकता को बढ़ता है और घर को ऊर्जा कुशल बनाने में सहायता करता है। इन्सुलेशन के प्रकार जिनका उपयोग किया जा सकता है, वे हैं XPS, पॉलीयुरेथेन, वुड क्लैडिंग और ग्लास वूल। ब्रिक बैट कोबा की मदद से भी वॉटरप्रूफिंग और थर्मल इंसुलेशन को पारंपरिक तरीके से कण्ट्रोल किया जा सकता है। चित्र 7 दिखाता है कि छत पर इन्सुलेशन कैसे लगाया जा सकता है।

इन्सुलेशन के साथ आरसीसी स्लैब से बनी छत से :

- घर को गरम करने के लिए लगने वाली ऊर्जा की मांग को सालाना 11-13% कम करें (आरसीसी की छत वाली इमारत पर)।
- सालाना 1300-2000 रुपये के बीच बिजली बिल में बचत सुनिश्चित करें।
- सालाना 180-250 किग्रा CO_2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।





चित्र 7: रूफ असेंबली प्रकारों के साथ घर का थर्मल प्रदर्शन।

viii. Incremental Impact of recommended building design

There is an incremental impact on heating demand and monetary and operational carbon-saving potential If one opts for the right choice of building orientation, WWR, glazing types, infiltration, wall construction and roof construction.

Figure 8 shows the incremental impact of recommended building design on energy consumption. The potential savings on electricity bills can cover the upfront costs of implementing energy conservation measures after a certain time period.

The right choice of building orientation, WWR, glazing types, infiltration, wall, and roof construction adopted during the design phase of the building can:

- Reduce heating energy demand by 44% annually.
- Ensure savings in the electricity bill of approximately Rs. 7000 annually.
- Provide carbon saving potential of 1169 kg CO2 eq. annually.

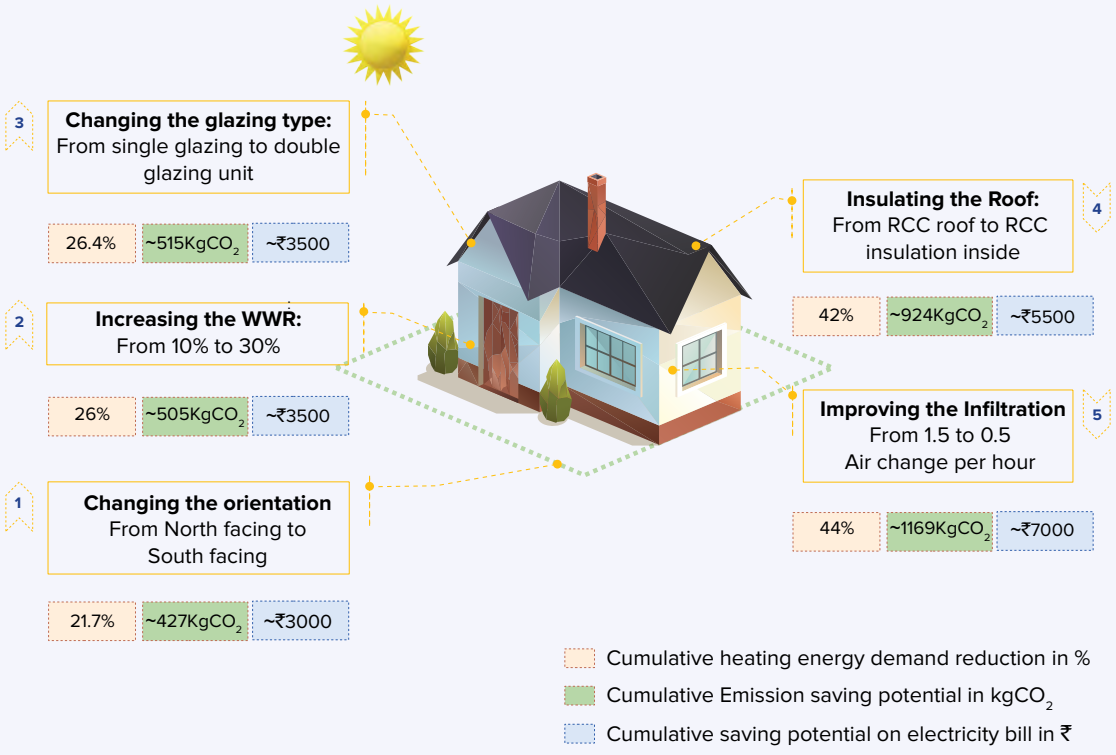


Figure 8: Incremental Heating Energy Demand Reduction and monetary and carbon saving potential of recommended building design

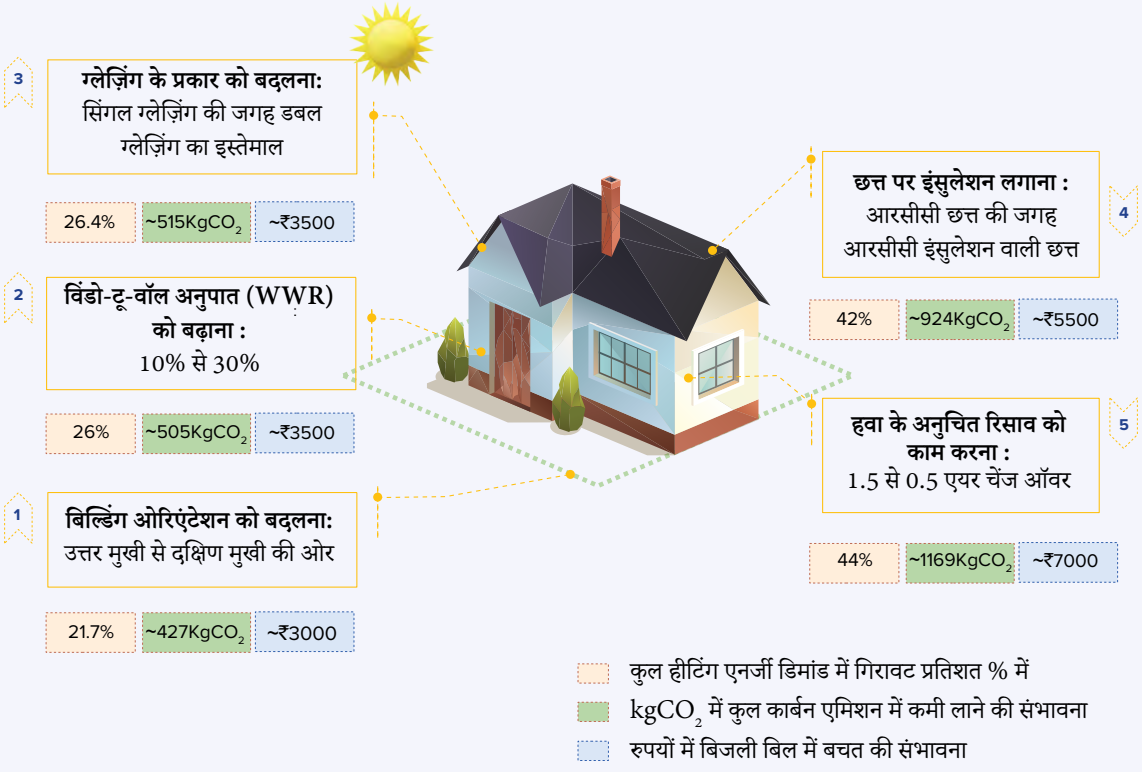
viii. सुझाये गए भवन डिजाइन का वृद्धिशील प्रभाव

बिल्डिंग ओरिएंटेशन, डब्ल्यूडब्ल्यूआर, ग्लेज़िंग प्रकार, हवा के रिसाव , दीवार और छत के निर्माण के सही विकल्प का हीटिंग डिमांड, पैसों और कार्बन बचत क्षमता पर वृद्धिशील प्रभाव।

चित्र 8 ऊर्जा की खपत पर अनुशंसित भवन डिजाइन के वृद्धिशील प्रभाव को दर्शाता है। बिजली के बिलों पर संभावित बचत एक निश्चित समय अवधि के बाद ऊर्जा संरक्षण उपायों को लागू करने की अग्रिम लागत को कवर कर सकती है।

बिल्डिंग ओरिएंटेशन, डब्ल्यूडब्ल्यूआर, ग्लेज़िंग प्रकार, हवा के रिसाव , दीवार और छत के निर्माण के सही विकल्प :

- ताप ऊर्जा की मांग को सालाना 44% कम करें।
- सालाना लगभग 7000 रुपये के बिजली बिल में बचत सुनिश्चित करें।
- सालाना 1169 किग्रा CO2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।



चित्र 8: वृद्धिशील ताप ऊर्जा मांग में कमी, पैसों और कार्बन बचत क्षमता I

2 Reduce Home's Operational Energy through Energy Efficient Appliances

i. Space Heating

Heat pumps are energy-efficient means to heat/cool homes.

Space heating systems are intended to meet the thermal comfort needs of building occupants. Heat pumps offer an energy-efficient alternative to radiators, blowers, and oil-filled heaters since they pump out more cool and warm air by volume than the energy they consume.

How does a heat pump work?

A heat pump works by moving heat energy. In winter, it takes heat from the outside of your home and transfers it inside the home (even in extremely cold climates). The cycle reverses in summer.

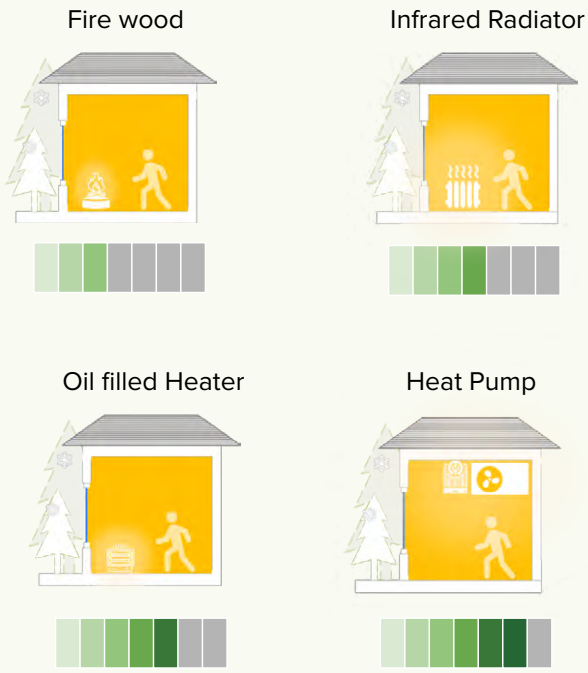


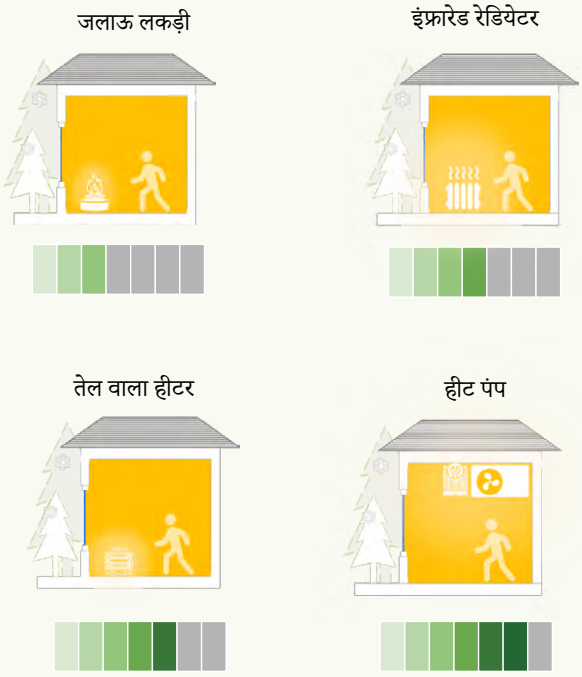
Figure 9: Performance of the different heating methods based on their CO_2 emission potential.

2 ऊर्जा कुशल उपकरणों के माध्यम से घर की ऊर्जा खपत को कम करें

i. घर को गरम रखने का प्रावधान

हीट पंप घरों को गर्म करने के ऊर्जा कुशल साधन हैं

घर को गरम करने के प्रावधानों का उद्देश्य सर्दी में घर में रहने वालों को आरामदायक तापमान प्रदान करना है॥ हीट पंप रेडिएटर्स, ब्लोअर और तेल से भरे हीटरों के लिए एक ऊर्जा-कुशल विकल्प प्रदान करते हैं क्योंकि वे जितनी ऊर्जा की खपत करते हैं, उससे अधिक मात्रा में ठंडी और गर्म हवा बाहर निकालते हैं॥ सर्दी के मौसम में, हीट पंप ठण्ड को घर के अंदर के वातावरण से बाहर की ओर ले जाते हैं और गर्मियों के मौसम में इसके विपरीत काम करते हैं।



चित्र 9: CO_2 उत्सर्जन क्षमता के आधार पर विभिन्न घर को गरम रखने के प्रावधानों का थर्मल प्रदर्शन

ii. Water Heating

Solar water heaters are an efficient form of water heating as it uses solar energy which is renewable, non-polluting, environment-friendly, and cost-effective.

Heating water is essential on a daily basis in homes in cold climatic conditions. Solar water heating is the best alternative to the conventional practices of using fuel wood, LPG, and electric geysers. 80% of the investment made on a solar water heater can be recovered within one year, through savings in electricity bills.[1]

A family of four can save approximately 11500 Rupees annually in electricity bills, by installing solar water heaters instead of electric geysers.

(Assumption: 3-star rated geyser running for 2 hours each day at the Electricity rate of 8 Rupees per unit)

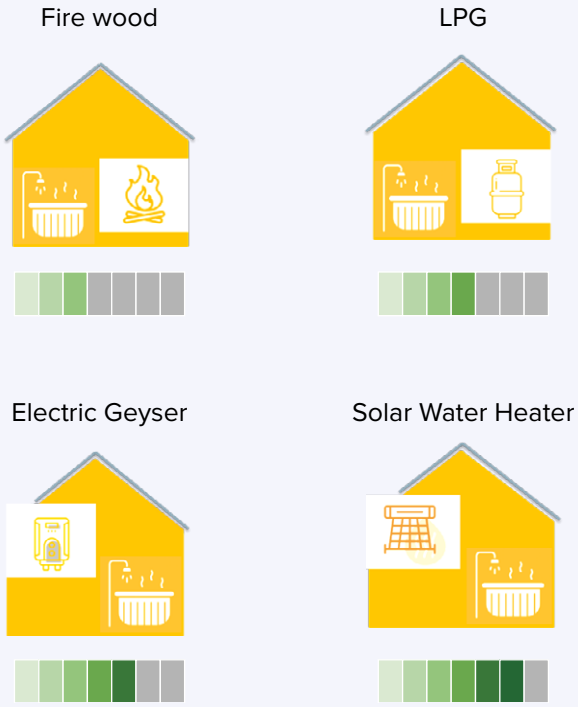


Figure 10: Different water heating methods based on their potential for CO_2 emissions.

1. https://solarthermalworld.org/news/india-uttarakhand-state-increases-solar-water-heater-rebate/

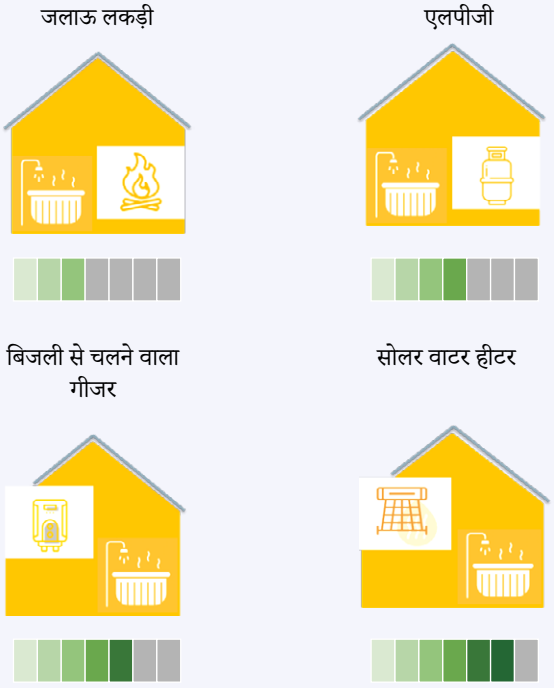
ii. पानी गरम करने के प्रावधान

सोलर वाटर हीटर पानी गरम करने का एक कुशल माध्यम जिसमें सौर ऊर्जा का उपयोग होता है जो नवीकरणीय, गैर-प्रदूषणकारी, प्रकृति के अनुकूल और लागत प्रभावी है।

ठंडी जलवायु परिस्थितियों में दैनिक आधार पर गर्म पानी की आवश्यकता होती है। ईंधन की लकड़ी, एलपीजी और इलेक्ट्रिक गीजर की तुलना में सोलर वाटर हीटर एक कुशल विकल्प है। उत्तराखंड राज्य में सोलर वॉटर हीटर पर किए गए निवेश का 80% बिजली के बिलों में बचत के माध्यम से एक वर्ष के भीतर वसूल किया जा सकता है।[1]

इलेक्ट्रिक गीजर के बजाय सोलर वॉटर हीटर लगाकर चार लोगों का एक परिवार सालाना लगभग 11500 रुपये बचा सकता है।

(धारणा: 3 स्टार रेटेड गीजर प्रति दिन 8 रुपये प्रति यूनिट की बिजली दर पर 2 घंटे चल रहा है)



चित्र 10: CO_2 उत्सर्जन क्षमता के आधार पर विभिन्न पानी गरम करने के प्रावधानों का प्रदर्शन।

1. https://solarthermalworld.org/news/india-uttarakhand-state-increases-solar-water-heater-rebate/

iii. Energy Efficient Appliances

Use of 4 to 5-star BEE-rated appliances can have significant savings on energy bills.

The Bureau of Energy Efficiency (BEE) has established a rating system to inform consumers about the energy efficiency of the product that they are purchasing and help them make informed choices. The indicator is the star label mark on the appliances. The higher number of stars indicates higher levels of energy efficiency.

Selecting an energy-efficient appliance for your home will save more energy and will help you save money on your electricity bill, reduce greenhouse gas emissions, and minimize your overall reliance on fossil fuels and oils.

Figure 11 shows an example of labels issued for a refrigerator by BEE.

Figure 11: Bureau of Energy Efficiency labels indicating energy performance of electric appliances.

iii. ऊर्जा दक्ष उपकरण

एक 4 या 5 स्टार ऊर्जा दक्षता ब्यूरो लेबल चिह्न बिजली के उपकरणों की बेहतर ऊर्जा दक्षता को प्रदर्शित करता है। उपकरण खरीदते समय इन उपकारों पर दक्षता के पैमाने को जांचने और सही उपकरण के चयन से आपके बिजली बिल में बचत होती है।

अपने घर के लिए एक ऊर्जा कुशल उपकरण का चयन करने से आपको अपने बिजली बिल पर पैसे बचाने, ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करने और जीवाश्म ईंधन और तेलों पर अपनी समग्र निर्भरता को कम करने में मदद मिल सकती है।

ऊर्जा दक्षता ब्यूरो (बीईई) ने उपभोक्ताओं को उनके द्वारा खरीदे जा रहे उत्पाद की ऊर्जा दक्षता के बारे में सूचित करने के लिए एक रेटिंग प्रणाली स्थापित की है ताकि उन्हें सही उपकरण चुनने में मदद मिल सके।उच्च रेटिंग ऊर्जा दक्षता के उच्च स्तर का संकेत देती है।

चित्र 11 में बीईई द्वारा रेफ्रिजरेटर के लिए जारी किए गए लेबल का एक उदाहरण दिखाया गया है।

चित्र 11: ऊर्जा दक्षता ब्यूरो लेबल बिजली के उपकरणों के ऊर्जा प्रदर्शन का संकेत देता है।

3 Renewable Energy Integration

Dependency on grid electricity can be reduced by the integration of onsite renewable energy systems in homes.

Assumption: 1 kWp solar rooftop plant on average would generate 4.1 kWh of electricity per day, i.e. 1240 kWh annually. (considering 5.5 sunshine hours in Uttarakhand). As shown in figure 12, the electricity generated can comfortably power a refrigerator, a washing machine, a LED TV, 3 fans & 5 LED bulbs assuming that not all appliances will work simultaneously.

- Ensure average monthly savings in the electricity bill of Rs. 800 approximately. (Assuming electricity tariff at Rs 8/unit.)
- Provide carbon saving potential of 25 Tonnes of CO_2 eq. annually.

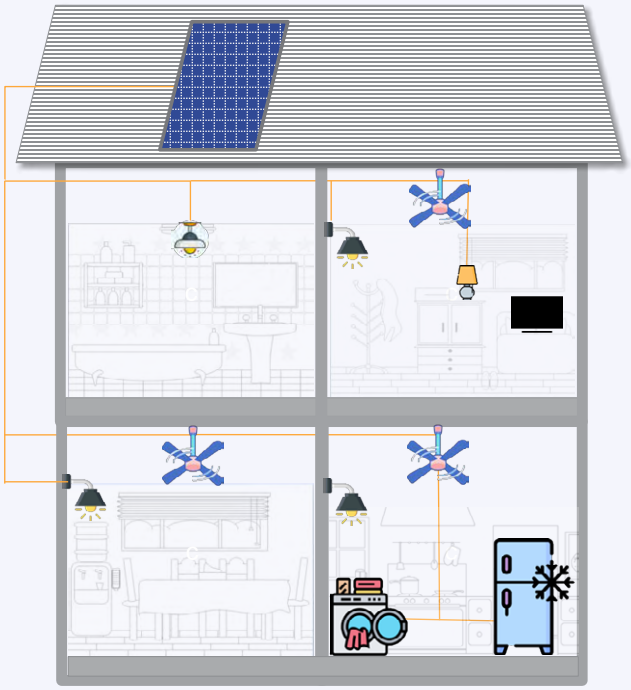


Figure 12: Example of renewable energy integration in homes.

	Items	Quantity	Watt	Working hours	Annual kWh
1.	LED Bulb	5	9	8	131
2.	Refrigerator 190 ltr 5 star	1	48	24	420
3.	Washing machine 7 kg 5 star	1	200	1	73
4.	Fan	3	50	12	657
5.	TV	1	70	3	78
					1360

3 घर मे नवीनीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों के माध्यम से बिजली की मांग को कम करना

पूर्वानुमान : 1 kWP सोलर रूफटॉप प्लांट औसतन प्रति दिन 4.1 kWh बिजली पैदा करेगा, यानी सालाना 1240 kWh। (उत्तराखंड में धूप के 5.5 घंटों को ध्यान में रखते हुए)। जैसा कि चित्र 12 में दिखाया गया है, उत्पन्न बिजली आराम से एक रेफ्रिजरेटर, एक वॉशिंग मशीन, एक एलईडी टीवी, 3 पंखे और 5 एलईडी बल्बों को बिजली दे सकती है, यह मानते हुए कि सभी उपकरण एक साथ काम नहीं करेंगे।

- लगभग 800 रुपये के बिजली बिल में औसत मासिक बचत सुनिश्चित करें। (बिजली शुल्क 8 रुपये/यूनिट मानते हुए।)
- सालाना 25 टन CO_2 eq की कार्बन बचत क्षमता प्रदान करें।

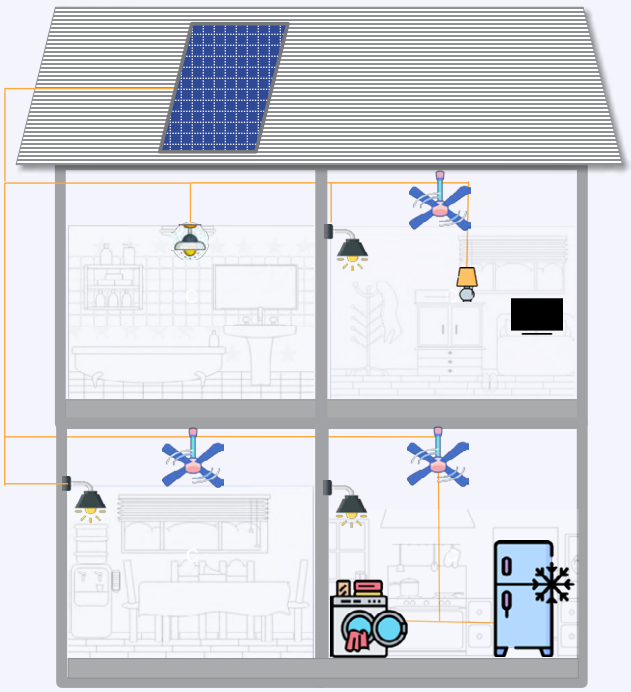


Figure 12: Example of renewable energy integration in homes.

	वस्तु	माला	वाट	चलने का समय	सालाना kWh
1.	एलईडी बल्ब	5	9	8	131
2.	रेफ्रिजरेटर 190 लीटर 5 स्टार	1	48	24	420
3.	वॉशिंग मशीन 7 किलो 5 स्टार	1	200	1	73
4.	पंखा	3	50	12	657
5.	टीवी	1	70	3	78
					1360

4 Behavioural Interventions to Enhance Energy Efficiency in Homes

For Home Owners/Occupants:

- Use of energy efficient appliances
- Maintain a set point temp of heating/ cooling appliances at 26 degrees in summer & 18 degrees in winter.
- Climate-appropriate clothing to reduce dependency on space heating or cooling
- Switch off and unplug the appliances when not in use.
- Do not use multiple heavy plug-load appliances at the same time
- Avoid keeping appliances on standby as they consume a significant amount of energy when in standby or sleep mode.

For Architects and contractors: Recommended Energy efficient retrofits

- Include appropriate shading landscape, for example, planting deciduous trees in the south
- Suggest passive design features to be incorporated into building design.
- Recommend construction using local materials by suggesting its benefits.

For Urban Local Body or Electricity Distribution Company:

- Encourage the installation of smart meters in homes
- Encourage lesser consumption through reward-based schemes
- Encourage comparisons of Energy consumption through peer home energy reports to influence resident behaviour.

4 व्यवहार कुशलता द्वारा घरों को ऊर्जा दक्ष बनाने के उपाय

घर के मालिकों/रहने वालों के लिए:

- ऊर्जा कुशल उपकरणों का उपयोग
- गर्मियों में 28 डिग्री और सर्दियों में 18 डिग्री पर सेट प्वाइंट तापमान बनाए रखें
- जलवायु उपयुक्त कपड़े का चुनाव करें
- उपयोग में न होने पर विद्युत् उपकरणों को स्विच ऑफ कर दें
- एक साथ कई ज्यादा बिजली खपत करने वाले उपकरणों का प्रयोग न करें
- उपकरणों को स्टैंडबाय पर रखने से बचें- स्टैंडबाय या स्लीप मोड में भी वे महत्वपूर्ण ऊर्जा की खपत करते हैं।

आर्किटेक्ट्स और ठेकेदारों के लिए:

- ऊर्जा कुशल रेट्रोफिट्स का प्रोत्साहन करें
- उपयुक्त छायांकन परिदृश्य शामिल करें
- भवन डिजाइन में शामिल करने के लिए पैसिव डिज़ाइन स्ट्रेटेजीज का सुझाव दें।
- स्थानीय सामग्री से निर्माण के लाभों का सुझाव देकर निर्माण की संस्तुति करें।

यूएलबी या डिस्कॉम के लिए :

- घरों में स्मार्ट मीटर लगाने को प्रोत्साहित करें
- पुरस्कार आधारित योजनाओं के माध्यम से कम खपत को प्रोत्साहित करें
- निवासी के व्यवहार को प्रभावित करने के लिए पीयर होम एनर्जी रिपोर्ट के माध्यम से ऊर्जा खपत की तुलना को प्रोत्साहित करे

Alliance for an Energy-Efficient Economy
37, Link Road, Ground Floor, Lajpat Nagar III,
New Delhi 110024

+91-11-4123 5600 info@aeee.in www.aeee.in