

नेपाल सरकार
जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय
सिंहदरवार, काठमाडौं।

व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका



गिफ कन्सल्टेन्सी प्राइभेट लिमिटेड
गौशाला — द, काठमाडौं
फोन/फ्याक्स: ०१-५१८६३०८
giefconsultancy091@gmail.com
www.giefnepal.com

असोज, २०७७

भूमिका

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालयले नेपालमा ऊर्जा सम्बन्धी तथ्यांकको संकलन तथा विश्लेषण गर्ने काम गर्दछ । विशेषतः सचिवालयको ऊर्जा महाशाखाले यस क्षेत्रको तथ्यांक संकलन, विश्लेषण र ऊर्जा सम्बन्धी आगामी योजनाका कामहरू गरिरहेको छ । असीम प्रयास र श्रोतहरूकासाथ, सचिवालयले राष्ट्रिय ऊर्जा नीति, २०७०, ऊर्जा दर्शन, २०५० र ऊर्जा क्षेत्र सारांश प्रतिवेदन (Energy Sector Synopsis report) तयार गर्यो । यी सबै नीति तथा दर्शनहरूमा ऊर्जाको माग प्रक्षेपण गरिएको छ । ऊर्जाको माग प्रक्षेपण देशको भविष्यमा गरिने ऊर्जा सम्बन्धी योजनाहरूको लागि आवश्यक हुन्छ ।

अर्थतन्त्रका विविध क्षेत्रहरूमा ऊर्जाको दक्ष प्रयोगको सुनिश्चितता ऊर्जा आवश्यकतानुसार पूर्ति भए नभएको मापन गर्ने एउटा औजार हो । यसै सन्दर्भमा सचिवालयले व्यावसायिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका तयार गरेको हो । यो निर्देशिकाले व्यावसायिक क्षेत्रमा ऊर्जा दक्षताका तरिकाहरू अपनाई तिनमा खेर जाने ऊर्जा घटाउन मद्दत गर्ने अपेक्षा राखेको छ ।

विभिन्न मुलुकहरूमा गरिएका अध्ययनहरूले व्यावसायिक क्षेत्रमा उल्लेख्य ऊर्जा दक्षता सुधारका अवसरहरू रहेको देखाएका छन् । यी सुधारका उपायहरू कम लगानी पर्ने खालका छन् । यी ऊर्जा दक्षता सुधारका विकल्पहरूमा क्षेत्र विशेष तथा क्रस-कटिड दुबै विधिहरू समावेश छन् । व्यवसायहरू सधैं ऊर्जा दक्षता सुधारका सम्भावनाहरूप्रति सतर्क रहँदैनन् र उपायहरू अवलम्बन गर्दैनन् । ऊर्जा परिक्षण गर्नु यी सम्भावनाहरूको पहिचान गर्ने पहिलो पाइलाहरू मध्ये एक हो । धेरै व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा आफ्ना उपकरणहरूका लागि प्रभावकारी ऊर्जा परिक्षण गर्ने क्षमता हुँदैन । नेपाल सरकारका नीति तथा कार्यक्रमहरू ऊर्जा दक्षताको सुधार गरेर व्यवसायहरूबीच प्रतिस्पर्धा बढाउन सहायता गर्ने उद्देश्य राख्दछन् । यद्यपि, विशेष गरी साना तथा मझौला व्यवसायहरूको ऊर्जा दक्षता सुधारका लागि प्रायशः सिमित प्राविधिक तथा आर्थिक श्रोतहरू मात्र उपलब्ध छन् ।

यो ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाले ऊर्जा परिक्षणकर्ताहरू, ऊर्जा व्यवस्थापकहरू र व्यावसायिक क्षेत्रमा ऊर्जा संरक्षण गतिविधिमा सहभागी सबै सरोकारवालाहरूलाई मार्गदर्शन गर्न चरणबद्ध विधिहरू प्रदान गर्ने आशय राखेको छ । ऊर्जा परिक्षणका महत्वपूर्ण पक्षहरू ऊर्जा उपयोग गर्ने उपकरणहरूको तालिका बनाउनु र ऊर्जा उपयोगको मापन गर्नु, ऊर्जा खपत र खर्चको विश्लेषण गर्नु, मापदण्ड कायम गर्नु, ऊर्जा उपयोगको नमुना विश्लेषण गर्नु, ऊर्जा दक्षताका अवसरहरू पहिचान गर्नु, लागत-बचत विश्लेषण गर्नु, ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनहरू तयार गर्नु र परिक्षण पश्चातका गतिविधिहरू संचालन गर्नु हुन् । यो निर्देशिकाले ऊर्जा परिक्षणकर्ताहरूलाई व्यवस्थित तरिका अनुशरण गर्दै बिना कुनै झन्झट व्यवसायहरूको ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्न सहयोग गर्नेछ ।

सारांश

यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको आशय व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा हुनसक्ने ऊर्जा बचतका अवसरहरूको पहिचान र कार्यान्वयनको सम्बन्धमा मार्गदर्शन गर्नु हो। यसले ऊर्जा दक्ष उपकरण र उपलब्ध प्रविधिहरूका बारेमा व्यवस्थापकहरू र सर्वसाधारणमा जनचेतना जगाउने लक्ष्य राख्नुका साथै उपयोगी निवेशहरूको अवसर पनि प्रदान गर्दछ। यो निर्देशिका अपनाउनाले व्यवस्थित तरिकाबाट ऊर्जा उपयोगमा कमी ल्याउन मद्दत गर्नेछ, ऊर्जा बचतका अवसरहरूको पहिचान तथा कार्यान्वयन र ऊर्जा दक्षता प्राप्त गर्नुका साथै ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरूको अझै राम्रो उपयोग गराउनेछ। यस निर्देशिकाले व्यावसायिक संस्थाहरूलाई ऊर्जा दक्षताका अवसरहरू पहिचानको लागि रणनीतिको विकास गर्न र विकल्पहरूको कार्यान्वयनको लागि कार्य योजनाको विकास गर्न चरणबद्ध सुझावहरू प्रदान गर्नेछ। ऊर्जा दक्षताको विकास, कार्यान्वयन र प्रवर्द्धनको क्षेत्रमा काम गर्ने राष्ट्रिय संस्थाहरूको संस्थागत व्यवस्था तथा क्षमता सुदृढ पार्ने रणनीति, नीति तथा विधिहरूको सिफारिस गर्न पनि यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको प्रयोग गर्न सक्दछन्।

यो निर्देशिका तयारी गर्ने क्रममा ऊर्जा खपतका आधाररेखाहरू (Energy Consumption Baseline) स्थापित गर्न छनौट गरिएका १९ वटा व्यावसायिक उद्यमहरू: ४ वटा अस्पताल/नर्सिङ होमहरू, ४ वटा “क” वर्गका बैङ्कहरू, ४ वटा पाँच तारे होटलहरू, ४ वटा व्यावसायिक अग्ला भवन/सपिड मलहरू र ३ वटा मेडिकल स्टोरहरूमा ऊर्जा परिक्षण गरिएको थियो। उपरोक्त उद्यमहरूको ऊर्जा खपत मापन गरी तिनीहरूको विशिष्ट ऊर्जा खपत (Specific Energy Consumption) विवरण गणना गरिएको थियो। यसै क्रममा उपलब्ध उत्कृष्ट ऊर्जा दक्ष प्रविधिहरूको साथै राष्ट्रिय, क्षेत्रीय तथा विश्वव्यापी अभ्यासहरूको पनि समीक्षा गरिएको थियो र ती उद्यमहरूमा सुधार गर्न सकिने क्षेत्रहरू र ऊर्जा दक्षताका विकल्पहरूको पहिचान गरिएको थियो।

कम वा बिना लागतका विधिहरूको कार्यान्वयनबाट ऊर्जा दक्षतामा सुधार ल्याउने पर्याप्त अवसरहरू छन्। ऊर्जा परिक्षणका क्रममा व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा दक्षता प्राप्त गर्ने केही विशिष्ट उपायहरू समेत सिफारिस गरिएको थियो। ती व्यावसायिक संस्थाहरूले सिफारिस गरिएका उपायहरू अपनाउँदै ऊर्जा दक्षता प्राप्त गर्ने तर्फ कदम चाल्न सक्दछन्। यस निर्देशिकामा उपकरण सम्बन्धी जानकारीहरू, ऊर्जा खपतको हिसाब/गणनाका लागि शुत्रहरू तथा ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदन तयार गर्नको लागि रूपरेखा पनि समावेश गरिएको छ।

आभारोक्ति

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय “व्यावसायिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका” तयारी गर्ने क्रममा संलग्न विभिन्न व्यावसायिक क्षेत्रहरूलाई धन्यवाद व्यक्त गर्न चाहन्छ। यो अध्ययन कार्य वहाँहरूको सहयोग बिना सम्पन्न हुन सक्दैनथ्यो।

स्थलगत भ्रमण र प्रतिवेदन तयारीका क्रममा योगदान पुर्याउनुहुने यस सचिवालयका टोली सदस्यहरूप्रति पनि सचिवालय आभारी छ। यस प्रतिवेदनको तयारीको क्रममा प्रतिक्रिया तथा सुझाव दिनुहुने संगठन, विज्ञ तथा व्यक्तिहरूप्रति सचिवालय कृतज्ञता व्यक्त गर्दछ। यसबाहेक यस कार्यका दौरान परामर्श लिइएका संगठनहरूका विज्ञहरूप्रति समेत सचिवालय हार्दिक कृतज्ञता व्यक्त गर्दछ।

यो “व्यावसायिक क्षेत्रको ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका” तयार गर्ने परामर्शदातृ संस्था गिफ कन्सल्टेन्सी प्रा.लि. र यस कार्यमा संलग्न सम्पूर्ण विज्ञहरूप्रति जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय विशेष आभार प्रकट गर्दछ।

जल तथा ऊर्जा आयोगको सचिवालय,
सिंहदरबार, काठमाण्डौं।
वि.सं. २०७७ साल असोज

सामग्री सूची

भूमिका.....	i
सारांश	ii
आभारोक्ति.....	iii
सामग्री सूची	iv
तालिका सूची	vii
आँकडा सूची.....	viii
संक्षेपिकरण.....	ix
परिच्छेद १: परिचय.....	१
१.१ पृष्ठभूमि.....	१
१.२ व्यावसायिक क्षेत्रहरूले खपत हुने ऊर्जाका प्रकार.....	२
१.३ नेपालमा विगतका र विद्यमान ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी गतिविधिहरू.....	२
१.४ नेपालमा ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी नीति तथा कानूनहरू.....	२
१.४.१ औद्योगिक व्यवसाय ऐन, २०७६.....	२
१.४.२ औद्योगिक नीति, २०६७.....	३
१.४.३ राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५	३
परिच्छेद २: ऊर्जा परिक्षण तथा ऊर्जा परिक्षण पद्धति.....	५
२.१ ऊर्जा परिक्षण.....	५
२.२ ऊर्जा परिक्षणको आवश्यकता	५
२.३ ऊर्जा परिक्षणका प्रकारहरू.....	६
२.४ ऊर्जा परिक्षण पद्धति	७
२.४.१ प्रारम्भिक ऊर्जा परिक्षण पद्धति.....	७
२.५ निश्चित ऊर्जा खपत गणना.....	१०
परिच्छेद ३: व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि निर्देशिका.....	१२
३.२ ऊर्जा उपयोग र नेपालका 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत.....	१२
३.२.१ ऊर्जा उपयोग.....	१२
३.२.२ 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा निश्चित ऊर्जाको खपत (.....	१२
३.२.३ 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू.....	१२
३.२.४ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन.....	१३

३.२.५	वाणिज्य बैङ्कहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू.....	१३
३.२.६	केही साधारण ऊर्जा बचतका अवसरहरू:.....	१४
३.३.१	ऊर्जा उपयोग र अग्ला भवनहरू (सपिड कम्प्लेक्स) मा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत.....	१४
३.३.१.१	ऊर्जा उपयोग.....	१४
३.३.१.२	व्यावसायिक अग्ला भवन (सपिड कम्प्लेक्स) मा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत	१५
३.३.२	सपिड मलहरूमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू.....	१५
३.३.३	ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन.....	१५
३.३.४	सपिड मलहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू.....	१६
३.३.५	केही साधारण ऊर्जा बचत अवसरहरू.....	१७
३.४.१	ऊर्जा उपयोग र अस्पतालहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत.....	१७
३.४.१.१	ऊर्जा उपयोग.....	१७
३.४.१.२	अस्पतालहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत.....	१७
३.४.२	अस्पतालहरूमा उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू.....	१८
३.४.३	ऊर्जा परिक्षणको नमुना संकलन र मापन.....	१८
३.४.४	अस्पतालहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू	१९
३.४.५	केही साधारण ऊर्जा बचत अवसरहरू:.....	२०
३.५.१	ऊर्जा उपयोग र पाँचतारे होटलहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत.....	२०
३.५.१.१	ऊर्जा उपयोग.....	२०
३.५.२	पाँचतारे होटलहरूमा उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू.....	२१
३.५.४	पाँचतारे होटलमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू	२३
३.५.५	केही साधारण ऊर्जा बचत अवसरहरू.....	२३
३.६.१	ऊर्जा उपयोग र मेडिकल स्टोरहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत.....	२४
३.६.१.१	ऊर्जा उपयोग.....	२४
३.६.१.२	मेडिकल स्टोरमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत	२४
३.६.२	मेडिकल स्टोरहरूमा उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू.....	२५
३.६.३	ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन.....	२५
३.६.४	मेडिकल स्टोरहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू.....	२६
३.६.५	केही साधारण ऊर्जा बचतका अवसरहरू.....	२६
परिच्छेद ४:	व्यावसायिक क्षेत्रमा ऊर्जा बचतका अवसरहरू.....	२७

४.१	विद्युत भार र माग व्यवस्थापन	२७
४.२	पावर फ्याक्टर व्यवस्थापन	२८
४.३	विद्युतीय मोटरको कार्यक्षमतामा सुधार	२८
४.४	बत्ती (lighting) को कार्यक्षमतामा सुधार	३०
४.५	कम्प्रेस्ड हावा प्रणाली (compressed air system) मा हुन सक्ने अवसरहरू	३०
४.६	बोइलर र बाष्प (Boiler and Steam) प्रणालीमा अवसरहरू	३२
४.७	बोइलरमा FD र ID पंखाका फायदाहरू	३३
४.८	रेफ्रिजेरेसन र वातानुकूलन प्रणाली	३३
४.९	पंखा र हावा फ्याँक्ने औजार (blower) मा अवसरहरू	३८
४.१०	पम्प प्रणालीमा अवसरहरू	३९
४.११	प्रक्रिया र ताप पुनर्लाभमा अवसरहरू	४०
परिच्छेद ५: ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनको तयारी		४१
५.१	लागत लाभ विश्लेषण	४२
Annexes:		४४
Annex 1: रूपान्तरण Factor हरू		४४
Annex 2: व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदन ढाँचा		४५
Annex 3: ऊर्जा परिक्षणका लागि आवश्यक उपकरण		५०
Annex 4: ऊर्जा परिक्षणको दौरानमा अपनाउनु पर्ने सुरक्षा		५३
Annex 5: आधारभूत तथ्यांक संकलन ढाँचा		५४
Annex 6: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणना		५६
Annex 7: सतहको ताप चुहावट गणना		६६
Annex 8: कम्प्रेसर गणना		६७
Annex 9: HVAC गणना		६९
Annex 10: पम्प गणना		७१
Annex 11: पंखा गणना		७२
Annex 12: कुलिङ टावरको कार्यक्षमता		७४
Annex 13: ऊर्जा परिक्षण संचालनको लागि नमुना माइन्सुट		७५
Annex 14: सन्दर्भसूची		७६

तालिका सूची

Table 3.1: Specific Energy Consumption in Commercial Bank.....	१२
Table 3.2: Energy Focus Area in Commercial Banks.....	१३
Table 3.3: Specific Energy Consumption in High Rise Building (Shopping Mall).....	१५
Table 3.4: Energy Focus Area in High Rise Building (Shopping Mall)	१६
Table 3.5: Specific Energy Consumption in Hospitals/Nursing Homes	१८
Table 3.6: Energy Focus Area in Hospitals/Nursing Homes	१९
Table 3.7: Specific Energy Consumption in Hotels	२१
Table 3.8: Energy Focus Area in Hotels	२३
Table 3.9: Specific Energy Consumption in Medical Stores.....	२५
Table 3.10: Energy Focus Area in Medical Stores	२६
Table 4.1: Electricity tariff (NEA) applicable to commercial sectors reference year 2075/76.....	२७
Table 4.1: Difference between Fans and Blowers.....	३९
Table 4.2: Potential causes of inefficiency and measures for improvement in Pumping System	३९
Table 5.1: Energy Efficiency Options and Payback.....	४२
Table 5.2: Types and priority of energy saving measures	४२

आँकडा सूची

Figure 4.1: Boiler Efficiency Calculation Methods.....	३३
Figure 4.2: Schematic Diagram of a Basic Vapour Compression Refrigeration System	३५
Figure 4.3: T-s and P-h diagram of refrigeration cycle	३५
Figure 4.4: Schematic of a Basic Vapour absorption Refrigeration System.....	३६

संक्षेपिकरण

%	: Percent
AC & DC	: Alternating Current & Direct Current
APFC	: Automatic Power factor Controls
APO	: Asian Productivity Organization
ASME	: American Society for Mechanical Engineer
BBSM	: Bhat-Bhateni Super Market
BEE	: Bureau of Energy Efficiency
BEP	: Break Even Point
CEO	: Chief Executive Officer
CIPEC	: Canadian Industry Program for Energy Conservation
CO	: Carbon Monoxide
CO ₂	: Carbon dioxide
COP	: Coefficient of Performance
DANIDA	: Danish International Development Agency
DG	: Diesel Generator
DoHS	: Department of Health Services
EA	: Energy Audit
EE	: Energy Efficiency
ENCON	: Energy Conservation
EnMS	: Energy Management System
ENT	: Ear Nose Throat
FAD	: Free Air Delivery
FRP	: Fiberglass Reinforced Plastic
FTLs	: Fluorescent Tube Lamps
GCV	: Goss Calorific Value
GHG	: Green House Gas
GON	: Government of Nepal
H ₂	: Hydrogen
HF	: High Frequency
HF	: High Frequency
HID	: High Intensity Discharge
HVAC	: Heat Ventilating and Air Conditioning
Hz	: Hertz

IGEA	:	International Guideline for Energy Audit
IRR	:	Internal Rate of Return
ISO	:	International Organization for Standardization
k Cal	:	Kilo Calorie
KG	:	Kilo Gram
KL	:	Kiloliter
kVA	:	Kilo Volt Ampere
kWh	:	Kilowatt hour
LED	:	Light Emitting Diode
LMD	:	Logistic Management Division
M ³	:	Cubic Meter
MD	:	Maximum Demand
MJ	:	Mega joule
MMWC	:	Millimeter Per Water Column
NEA	:	Nepal Electricity Authority
NM ³	:	Cubic Nanometer
NPR	:	Nepalese Rupees
NPV	:	Net Present Value
NS	:	Nepal Standard
O ₂	:	Oxygen
PF	:	Power Factor
pH	:	Potential of Hydrogen
PPM	:	Parts Per Million
PV	:	Solar Photovoltaic
PVC	:	Poly Vinyl Chloride
RE	:	Renewable Energy
RMS	:	Root Mean Square
RoI	:	Return of Interest
RPM	:	Revolution Per Minutes
RTD	:	Resistance Thermometer Detectors
SEC	:	Specific Energy Consumption
TB	:	Tuberculosis
TPH	:	Ton Per Hour
TR	:	Ton of Refrigeration
VFD	:	Variable Frequency Drive

VSD : Variable Speed Drive
WECS : Water and Energy Commission Secretariat

परिच्छेद १: परिचय

१.१ पृष्ठभूमि

यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाको आधारभूत उद्देश्य नेपालका व्यावसायिक क्षेत्रहरूलाई ऊर्जा परिक्षण, मुल्याङ्कन प्रक्रिया र मापदण्ड निर्धारणको बारेमा ज्ञान दिने र व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा हुन सक्ने ऊर्जा बचतका अवसरहरूको पहिचान र कार्यान्वयन गर्ने प्रक्रियामा मार्गदर्शन गर्नु हो। यो निर्देशिकाले व्यावसायिक क्षेत्रमा ऊर्जा दक्षताका उपकरण र प्रविधिका बारेमा उपयोगी जानकारी दिने समेत उद्देश्य राख्दछ।

यस ऊर्जा परिक्षण निर्देशिकाका निम्न मुख्य विशेषताहरू रहेका छन्:

- व्यवस्थित तरिकाबाट ऊर्जा उपयोग र कार्बन उत्सर्जन घटाउने उपायहरू;
- ऊर्जा उपयोगको मापदण्ड निर्धारण, मापन, प्रतिवेदन र राय सुझाव दिन मार्ग निर्देश गर्ने;
- वर्तमान ऊर्जा उपयोगको स्थितिको स्पष्ट चित्रण गर्ने जसको आधारमा नयाँ लक्ष्य साधन सकियोस्;
- नयाँ ऊर्जा-दक्ष प्रविधि र उपायहरूको कार्यान्वयनलाई प्राथमिकता दिन र त्यसको मुल्याङ्कन गर्ने;
- सबै आपूर्ति श्रृंखलाहरूमा ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धनका लागि खाका प्रदान गर्ने;
- ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरूको सदुपयोग गर्दै मर्मत-संभार खर्च घटाउने, संभावना पहिचान वा क्षमता बृद्धि गर्ने;
- विद्यमान ऊर्जा दक्ष उपकरण र प्रविधिहरूको बारेमा उपयोगी जानकारी प्रदान गर्ने;
- ऊर्जा बचतका अवसरहरूको पहिचान र कार्यान्वयन गर्ने;
- आफ्ना उत्कृष्ट अभ्यासहरूलाई पालन गरी वातावरणको रक्षा गर्न सरोकारवालाहरूलाई कर्पोरेट प्रतिबद्धता देखाउने;
- विश्व बजारमा ग्रीन ट्रेडका अवरोधहरूलाई सामना गर्न सम्बन्धित नियामक आवश्यकताहरू पुरा गर्ने।

यस निर्देशिकाले व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा दक्षताका अवसरहरूको पहिचान गरी रणनीतिको विकास गर्न, विकल्पहरूको कार्यान्वयन गर्न र कार्य योजनाहरूको विकास गर्न चरणबद्ध रूपमा सल्लाह प्रदान गर्दछ। ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धन गरिरहेका राष्ट्रियस्तरका संस्थाहरूले पनि आफ्ना कार्यालयहरूमा योजनाहरू, नीतिहरू तथा संस्थागत व्यवस्थापन तथा क्षमताहरू सुदृढ गर्ने उपायहरू सिफारिस गर्नको लागि यो ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका प्रयोग गर्न सक्दछन्। यो निर्देशिकाले राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता संगठनका सम्बन्धित निर्णयकर्ताहरूलाई तय गर्नु पर्ने मार्गहरू, अनुशरण गर्नु पर्ने प्रक्रियाहरू र सम्बन्धित सरकारहरूले तय गरेका ऊर्जा दक्षताका लक्ष्यहरू प्राप्त गर्न विभिन्न सरोकारवालाहरूबीच सिर्जना गर्नु पर्ने तालमेलको लागि सल्लाह प्रदान गर्दछ।

ऊर्जा दक्षताका लक्ष्यहरू हाँसिल गर्नको लागि विश्लेषणात्मक ढाँचा प्रस्तुत गर्नु यो निर्देशिकाको मुख्य उद्देश्य हो। यसले ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धन चक्रीय प्रक्रिया हो भन्ने तथ्यलाई प्रकाश पार्दछ। ऊर्जा दक्षताका परम्परागत अवरोधहरू कम हुँदै जाने र ऊर्जाको बढ्दो मागसंगै नविनतम प्रविधिहरू थपिँदै

जाने भएकोले देश/संस्थाले जुनै तहको सफलता हाँसिल गरेतापनि थप सुधारको संभावनाहरू सँधै हुने गर्दछ।

१.२ व्यावसायिक क्षेत्रहरूले खपत हुने ऊर्जाका प्रकार

व्यावसायिक क्षेत्रहरूले विद्युतीय र तापीय दुबै ऊर्जाको प्रयोग गर्दछन्। विद्युत सरकारी स्वामित्वको संस्था नेपाल विद्युत प्राधिकरणबाट आपूर्ति गरिन्छ भने मुख्य तापीय ऊर्जा भारत र तेस्रो मुलुकबाट आयात गरिन्छ। पेट्रोलियम पदार्थ नेपाल आयल निगमद्वारा आयात तथा वितरण गरिन्छ। नेपाल आयल निगम: उद्योग, बाणिज्य तथा आपूर्ति मन्त्रालय अन्तर्गत पर्दछ। मुख्यतया प्रयोग हुने तरल तापीय इन्धन डिजेल र भट्टीतेल हो जुन भारतबाट आयात गरिन्छ।

१.३ नेपालमा विगतका र विद्यमान ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी गतिविधिहरू

नेपालमा ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी अध्ययन वि.सं.२०४१/४२ देखि शुरू भएको भए तापनि सघन रूपमा यसको अध्ययन भने वि.सं.२०५५/५६ देखि वि.सं.२०६१/६२ मा मात्र भएको देखिन्छ। यस अवधिमा व्यावसायिक इकाईको ऊर्जा परिक्षण, ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी तालिम र जनचेतना अभिवृद्धिका साथै उद्योगहरूमा ऊर्जा दक्षताका लागि ऋण व्यवस्थापन जस्ता कार्यहरू भएका थिए। तत् पश्चात, वि.सं.२०६५/६६ देखि वि.सं.२०६७/६८ सम्म नेपाल विद्युत प्राधिकरण अन्तर्गत विद्युतको माग व्यवस्थापन, ऊर्जा परिक्षण, विद्युत भार सम्बन्धी विवरणको अध्ययन, ऊर्जा दक्षताको प्रवर्द्धनका लागि नीतिगत सुझावको साथै परम्परागत बत्तीहरूलाई ऊर्जा दक्ष बत्तीद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने जस्ता केही प्रभावकारी कार्यहरू गरिएका थिए।

१.४ नेपालमा ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी नीति तथा कानूनहरू

नेपालको संविधान, २०७२ को धारा ५१ (छ) ३ मा “नविकरणीय ऊर्जाको उत्पादन र विकास गर्दै नागरिकका आधारभूत आवश्यकता परिपूर्तिका लागि सुपथ तथा भरपर्दो ऊर्जाको आपूर्ति सुनिश्चित गर्ने तथा ऊर्जाको समुचित प्रयोग गर्ने” भनी उल्लेख गरिएको छ। ऊर्जा दक्षतासंग सम्बन्धित अन्य नीति तथा कानूनहरू निम्न बमोजिमका रहेका छन्।

१.४.१ औद्योगिक व्यवसाय ऐन, २०७६

यस ऐनको परिच्छेद ५, दफा २४ “थ” मा “ऊर्जा दक्षता अभिवृद्धि गरी उर्जा खपत घटाउन सघाउ पुर्याउने यन्त्र वा उपकरणमा लगानी गरेको सम्पूर्ण खर्च आयकर प्रयोजनको लागि कट्टा गर्न पाउने छ” भनी उल्लेख गरिएको छ। साथै सोही ऐनको दफा २९ “ख” अनुसार उद्योगले आफ्नो प्रयोजनको लागि उत्पादन गरेको विद्युतमा प्रचलित कानून बमोजिम लाग्ने दस्तुर वा रोयल्टी नलाग्ने र दफा २९ “ग” अनुसार उद्योगले आफ्नो प्रयोजनको लागि उत्पादन गरेको विद्युत बढी भई बिक्री गर्न चाहेमा बिक्री गरिने विद्युतको परिमाणमा आपसी सहमतिबाट कायम भएको दरमा प्रचलित कानून बमोजिम बिक्री गर्न सकिने व्यवस्था रहेको छ।

१.४.२ औद्योगिक नीति, २०६७

औद्योगिक नीति, २०६७ को उद्देश्य ७.३ मा “नविनतम प्रविधि एवं वातावरणमैत्री उत्पादन प्रक्रियालाई प्रयोग गरी उद्योग व्यवसायलाई दिगो एवं भरपर्दो क्षेत्रको रूपमा स्थापित गर्ने” उल्लेख भएको छ। उक्त उद्देश्य प्राप्तिको लागि आफ्नै लागतमा वातावरण-मैत्री र ऊर्जा बचत प्रविधि प्रयोग गर्ने उद्योगहरूलाई प्राविधिक तथा आर्थिक सहायता उपलब्ध गराइने र हरित उद्योगको प्रवर्द्धन तथा स्थापित उद्योगलाई प्रदूषणमुक्त र शून्य कार्बनयुक्त तुल्याउन विशेष उपाय अबलम्बन गरिने नीति रहेको छ। औद्योगिक अनुसन्धान तथा विकास, वातावरण संरक्षण र स्वच्छ उत्पादन प्रविधि तथा प्रक्रियामा सघाउ पुर्याउन सहूलियत तथा सुविधाको व्यवस्था गरिने रणनीति रहेको छ। यस नीतिको बुँदा १७.११ अनुसार कुनै उद्योगले ऊर्जा खपत घटाउन सघाउ पुर्याउने यन्त्र उपकरणमा लगानी गरेको खर्च, प्रदूषण नियन्त्रण र वातावरणमा कम असर पार्ने पद्धतिको जडानमा भएको पुँजीगत खर्च, प्रविधि र प्रक्रियामा भएको खर्च आयकर प्रयोजनको लागि खर्च कट्टा गर्न पाइने सुविधा र सहूलियत प्रदान गरिने व्यहोरा समेत उल्लेख रहेको छ। सोही नीतिको बुँदा १७.३२ अनुसार उद्योगले आफ्नै प्रयोजनको लागि उत्पादन गरेको विद्युतमा रोयल्टी लाग्ने छैन। साथै उद्योगले विद्युत शक्ति विक्री गर्न चाहेमा बजारमा प्रचलित दरमा राष्ट्रिय ग्रिडमा जोड्न दिने व्यवस्था गरिने छ।

१.४.३ राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५

नेपाल सरकार ऊर्जा, जलस्रोत तथा सिंचाइ मन्त्रालयले राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ तयार गरेको छ। यस रणनीतिले सन् २००० देखि सन् २०१५ सम्म प्रति वर्ष ०.८४% रहेको औषत ऊर्जा दक्षतामा सुधारको दरलाई सन् २०३० सम्म दोब्बर गरी प्रति वर्ष १.६८% पुर्याउने लक्ष्य राखेको छ। ऊर्जाको दक्ष प्रयोगले ऊर्जा अभाव घटाउने, ऊर्जाको सहज पहुँच र ऊर्जा सुरक्षामा सहयोग पुर्याउने, वातावरणीय सन्तुलन र स्वास्थ्यमा सकारात्मक सुधार गर्ने उद्देश्य रहेको छ।

सो रणनीतिमा उक्त उद्देश्य हासिल गर्नको निम्ति निम्न बनेजिमका रणनीति उल्लेख भएको छः

- नीति निर्माण देखि उपभोक्ताहरूको स्तरसम्म ऊर्जा दक्षता सम्बन्धी चेतना जगाउने।
- ऊर्जा दक्षताका लागि आवश्यक श्रोत व्यवस्थापन, श्रोत परिचालन, पूर्वाधार विकास र मानव श्रोत विकासका लागि नीतिगत, कानूनी र संस्थागत खाका स्थापना गर्ने।
- ऊर्जा दक्षताका लागि स्थापित अन्तर्राष्ट्रिय र क्षेत्रीय मापदण्डमा आधारित राष्ट्रिय मापदण्डको विकास गर्नुका साथै ऊर्जा दक्षता मापनका लागि उपकरण र साधनहरूको विकास गर्ने।
- सामान तथा सेवाहरूको उत्पादनका लागि आवश्यक ऊर्जाको खपत न्यूनिकरणद्वारा सेवा तथा उत्पादनहरू लागत प्रभावी र प्रतिस्पर्धी बनाउने।
- ऊर्जा बचत गरेर ऊर्जा आयात घटाउने।

१.४.४ जैविक ऊर्जा रणनीति, २०७३

यस रणनीतिले परम्परागत तरिकाले प्रयोग हुँदै आएको जैविक ऊर्जालाई आधुनिक, दिगो तथा स्वच्छ ऊर्जाको रूपमा विकास गरी यसको पहुँच वृद्धि गर्ने तथा वातावरण संरक्षणमा योगदान पुर्याउने लक्ष्य

लिएको छ। जैविक ऊर्जाको उत्पादन र प्रयोगमा दक्षता र प्रभाकारी अभिवृद्धि गर्ने रणनीतिको लागि निम्न बमोजिमका कार्यनीति उल्लेख गरिएको छ।

- जैविक ऊर्जाका आधुनिक र किफायती प्रविधिहरू (वायोग्यास, सुधारिएको चुलो, ग्यासिफायर, ब्रिकेट, पेलेट, औद्योगिक बोइलर, कोजेनेरसन, फोहरबाट ऊर्जा आदि) को अध्ययन अनुसन्धान गरी सम्भाव्यता पहिचान, लक्ष्य, (धुवा धुलो उत्सर्जन लगायतको) स्तर तथा मापदण्ड निर्धारण, गुणस्तर नियन्त्रण, सुधार तथा प्रविधि विकास गर्न प्राविधिक तथा आर्थिक सहायता उपलब्ध गराउने।
- जैविक ऊर्जाको प्रभावकारी एवं दक्ष उपयोग तथा आधुनिक र किफायती प्रविधिहरूका विस्तारका लागि स्थानीय सरोकारवालाहरूको समेत सहभागितामा जनचेतना एवं प्रवर्द्धनात्मक कार्यक्रमहरू संचालन गर्ने।
- जैविक ऊर्जाको व्यावसायीकरणका लागि उपयुक्त प्रणाली र बजारको विकास गर्ने तथा उत्पादित जैविक ऊर्जाको बिक्री वितरण र लाभको सुनिश्चितता प्रदान गर्ने।

परिच्छेद २: ऊर्जा परिक्षण तथा ऊर्जा परिक्षण पद्धति

२.१ ऊर्जा परिक्षण

सर्वेक्षण र विश्लेषणद्वारा कुनैपनि ऊर्जा प्रयोग गर्ने इकाईमा ऊर्जा बचतको लागि ऊर्जाको खपतको व्यवस्थित पहिचान गर्नु नै ऊर्जा परिक्षण हो। यसले ती इकाईहरूलाई ऊर्जा उपयोग बारे बुझ्न, बढी ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र थाहा पाउन र उत्पादनको साथै उत्पादनको गुणस्तरमा नकारात्मक असर नपुन्याई अधिक ऊर्जा खपत/प्रयोग न्यूनिकरण गर्ने अवसरहरू पहिचान गर्न मद्दत गर्दछ। अर्को शब्दमा भन्नु पर्दा ऊर्जा परिक्षणले सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू पहिचान गर्न मद्दत गर्दछ।

ऊर्जा परिक्षण एउटा यस्तो महत्वपूर्ण औजार वा विधि हो जसले ऊर्जा दक्षताका सम्भावित उपायहरू पत्ता लगाउने र तिनको आर्थिक सम्भाव्यताको मूल्यांकन गर्न सहयोग गर्दछ जुन विभिन्न तहहरूमा गर्न सकिन्छ। ऊर्जा परिक्षणले ऊर्जा व्यवस्थापनका अवसरहरूको कार्यान्वयन पछिको प्रभावकारिता समेत प्रमाणित गर्न सक्दछ।

ऊर्जा परिक्षण ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणालीको लागि गरिनु पर्ने प्रमुख कार्य हो र यसलाई व्यवस्थापन प्रणालीले एउटा मुख्य खुड्किलोको रूपमा लिने गर्दछ। यसलाई ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणालीसंग संयोजन गरेर वा स्वतन्त्र रूपमा पनि प्रयोग गर्न सकिन्छ। ऊर्जा परिक्षणलाई विभिन्न संस्थाहरूले विभिन्न तरिकाले परिभाषित गरेका छन्।

- ISO 50002:2014 को अनुसार: ISO ले ऊर्जा दक्षता सम्पादन गरिएको वस्तुहरूको पहिचान पत्ता लगाउन, परिमाण तोक्न र सुधार हुन सक्ने ऊर्जा कार्यदक्षता अवसरहरूको बारेमा सुझाव दिनको लागि ऊर्जा प्रयोग र ऊर्जा खपतका सम्बन्धमा गरिने क्रमबद्ध विश्लेषण गर्ने कार्यलाई ऊर्जा परिक्षण भनी परिभाषित गरेको छ (ISO 2014)।
- राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ को अनुसार ऊर्जा खपतसंग सम्बन्धित उपयुक्त साधन, प्रविधि वा उपकरणहरूको प्रयोगले ऊर्जाको दक्ष खपत दक्ष तरिकाले गर्नु नै ऊर्जा दक्षता हो। प्रति वस्तु वा सेवा उत्पादन गर्नको निम्ति चाहिने ऊर्जाले ऊर्जा दक्षताको अवस्था मापन गर्न सकिन्छ। विभिन्न विधि, प्रविधि वा उपकरणहरूको उपयोगले प्रति वस्तु वा सेवा उत्पादन गर्दा आवश्यक ऊर्जाको मात्रा घटाउनु नै ऊर्जा दक्षतामा वृद्धि हुनु हो। ऊर्जा गहनताको घट्दो दरको मापन नै राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षताको औषत अवस्था हो; प्रति राष्ट्रिय कुल ग्राह्यस्थ उत्पादन उत्पादन गर्न आवश्यक पर्ने घट्दो ऊर्जाको खपत भन्ने जनाउँदछ।

ऊर्जा परिक्षणलाई थप प्रभावकारी बनाउन यस बारे राम्रो ज्ञान भएका विज्ञहरूको सुपरिवेक्षण अन्तर्गत ऊर्जा परिक्षण संचालन गरिनु आवश्यक हुन्छ।

२.२ ऊर्जा परिक्षणको आवश्यकता

विभिन्न अध्ययनहरूले देखाए अनुसार कुनैपनि व्यावसायिक क्षेत्र संचालनको लागि ऊर्जा, श्रम र सामग्रीहरू मुख्य लागत हुन्। ऊर्जाको मूल्य निरन्तर बढेसंगै लागत न्यूनिकरणको लागि ऊर्जा परिक्षण सबैभन्दा बढी संभावना भएको क्षेत्र पनि हुन पुगेको छ। यस्तो परिक्षणले ऊर्जा लागतको विविधता, ऊर्जा आपूर्तिको

उपलब्धता र विश्वसनीयता, उचित ऊर्जा मिश्रणको निर्णय, ऊर्जा बचत प्रविधिहरूको पहिचान, ऊर्जा बचत उपकरणहरूको पुनर्बलीकरण आदिको समिक्षा गर्ने गर्दछ। साधारणतया निश्चित समयसिमाभित्र प्राविधिक रूपमा विकसित समाधानहरूसंगै आर्थिक र अन्य संस्थागत संरक्षित अवधारणाहरूलाई वास्तविकतामा रूपान्तरण गर्नु नै ऊर्जा परिक्षण हो।

विशेषतः नेपाल जस्तो विकासशील अर्थतन्त्रमा आर्थिक र वातावरणीय दिगोपना प्राप्त गर्न ऊर्जा दक्षता र बचतमा सुधार गर्नु आवश्यक छ। ऊर्जा खपत गर्ने स्थापना (facility) हरू ऊर्जा-दक्षता सुधारका सम्भावनाहरूप्रति सदैव सचेत छैनन्। ऊर्जा बचत प्राप्तिको लागि व्यवस्थित दृष्टिकोणमा पुग्न केही नियम र सिद्धान्तहरूको अनुशरण गर्नु आवश्यक छ। यी संभावनाहरूको पहिचान गर्नको लागि ऊर्जा परिक्षण गर्नु एक प्राथमिक आवश्यकता हो। ऊर्जा दक्षताको उपयोगको बारेमा सचेत भएता पनि सबै व्यावसायिक इकाईहरू आर्थिक तथा प्राविधिक रूपमा ऊर्जा परिक्षण प्रक्रियाको भारबहन (capable) गर्न सक्षम छैनन्, त्यसकारण ऊर्जा दक्षता बृद्धि गर्नको लागि ऊर्जा उपयोग न्यूनिकरणका प्रभावकारी तरिकाहरूका सम्बन्धमा ती क्षेत्रहरूलाई सहायता गर्न एउटा निर्देशिका आवश्यक हुन्छ।

राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ को खण्ड ९.३ मा स्थापित अन्तराष्ट्रिय र क्षेत्रीय मापदण्डहरूका आधारमा ऊर्जा दक्षताका लागि राष्ट्रिय मापदण्डको विकासका साथै ऊर्जा दक्षता मापनका लागि उपकरण र साधनहरूको विकासको बारेमा उल्लेख गरिएको छ। यस निर्देशिकाले राष्ट्रिय ऊर्जा दक्षता रणनीति, २०७५ मा परिकल्पना गरिए अनुसार ऊर्जा परिक्षण संचालनको लागि एउटा औजारको रूपमा पनि काम गर्न सक्दछ। यी सबै प्रसंगहरूलाई मनन गर्दै सचिवालयले व्यावसायिक क्षेत्रका लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका तयार गरेको हो। यस निर्देशिकाले विभिन्न व्यावसायिक क्षेत्रहरूलाई तिनका गतिविधिहरूमा ऊर्जा दक्षता विधिहरू अपनाएर ऊर्जा माग न्यून गर्न सहयोग गर्नेछ।

२.३ ऊर्जा परिक्षणका प्रकारहरू

व्यवसायको किसिम, आकार, प्रयोग गरिने प्रविधि, ऊर्जा परिक्षणको आवश्यकताको गहिराई आदि अनुसार ऊर्जा परिक्षण फरक पर्न सक्दछ। यो इच्छित लागत न्यूनिकरणका साथै ऊर्जा बचतको आवश्यक सम्भावना तथा परिमाणमा पनि फरक पर्दछ। यी मापदण्डहरूका आधारमा ऊर्जा परिक्षणलाई दुई किसिममा विभाजन गर्न सकिन्छ: प्रारम्भिक परिक्षण (walk-through परिक्षण) र विस्तृत (diagnostic) परिक्षण।

क) प्रारम्भिक परिक्षण

यस किसिमको परिक्षणमा ऊर्जा उपयोग र खपत गर्ने उपकरणहरूको कार्यसम्पादन (performance) को सम्बन्धमा सामान्य विश्लेषण गरिन्छ। यसमा प्रायशः तयारी अवस्थामा उपलब्ध तथ्यांकहरूको प्रयोग गरिन्छ र धेरै मात्रामा तथ्यांक संकलन र मापन गरिदैन। यो साधारण किसिमको हुनाले यसले धेरै कम समय लिन्छ। तसर्थ यस किसिमको ऊर्जा परिक्षणबाट सामान्य नतिजाहरू र साधारण पहिचान गरिएका ऊर्जा दक्षताका अवसरहरू प्राप्त हुन्छन्। यस प्रकारको परिक्षणमा भुक्तानी अवधि सामान्य विधिको गणनासंगै प्राप्त गरिएको ऊर्जा बचतसंग तुलना गरेर गरिन्छ। यस प्रकारको परिक्षणलाई वाक थ्रु परिक्षण (walk through audit) पनि भनिन्छ।

ख) विस्तृत परिक्षण

यो विस्तारमा गरिने ऊर्जा परिक्षण हो। विस्तृत परिक्षणको लागि विभिन्न ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरू (utilities) (पम्प, पंखा, इन्डक्सन मोटर, कम्प्रेसर, HVAC, बोइलर प्रणाली आदि) को विस्तृत तथ्यांक संकलन र यिनको ऊर्जा खपत मापनहरू आवश्यक हुन्छ। विस्तृत प्रकृतिको भएकोले यो परिक्षण गर्न प्रारम्भिक परिक्षणको भन्दा बढी समय लाग्दछ। त्यसकारण प्राप्त नतिजाहरू विशिष्ट भएकोले यस परिक्षणले ऊर्जा उपयोग, उपकरणहरूको कार्यसम्पादनको वास्तविक तस्वीर र ऊर्जा दक्षता अवसरहरूमा थप विशिष्ट सिफारिसहरू पत्ता लगाउन मद्दत गर्दछ। यसबाट प्राप्त ऊर्जा बचतका अवसरहरूका सम्बन्धमा कुनै संस्थाका सम्बन्धित अधिकारीहरूसंग छलफल गरिन्छ र त्यसपछि ऊर्जा बचतको दिगोपनाको लागि सिफारिस गरिन्छ। यसका साथै ऊर्जा बचत अवसरहरूको पहिचान गर्दा विक्रेताहरू र ऊर्जा दक्ष उपकरण आपूर्तिकर्ताहरूसंग पनि परामर्श गरिन्छ। यसमा लागत बढी लाग्ने अवसरहरूसंगै लागत लाभ विश्लेषण (cost benefit analysis) को विस्तृत आर्थिक विश्लेषण समावेश हुन्छ। यस प्रकारको परिक्षणलाई डाइग्नोस्टिक परिक्षण (diagnostic audit) पनि भनिन्छ।

यस बाहेक विस्तृत ऊर्जा परिक्षणमा परिक्षण पश्चातका चरणहरू पनि समावेश हुन्छन्। परिक्षण पश्चात ऊर्जा परिक्षकले सिफारिस गरिएको ऊर्जा बचत विधिहरूको कार्यान्वयनमा सहयोग गर्दछ र कार्यसम्पादनको निरीक्षण गर्दछ। ऊर्जा परिक्षणले सो संस्थालाई सिफारिस गरिएको कार्य योजना कार्यान्वयनमा व्यवधानहरूको पहिचान गर्न र कुनै भएमा हटाउन पनि मद्दत गर्दछ। यस बाहेक ऊर्जा परिक्षणले अनुगमन र आवधिक समिक्षाद्वारा उक्त संस्थाको ऊर्जा बचत प्राप्तिको सुनिश्चितता पनि गर्दछ।

२.४ ऊर्जा परिक्षण पद्धति

ऊर्जा परिक्षण पद्धतिले सबै मुख्य ऊर्जा उपयोग गर्ने प्रणालीहरूको मुल्याङ्कन गर्ने हुनाले व्यवसायको लागि विस्तृत ऊर्जा बचत कार्यान्वयन सम्बन्धमा योजना प्रदान गर्दछ। यस प्रकारको पद्धतिले ऊर्जा बचत र लागतको सबैभन्दा सही अनुमान प्रस्ताव गर्दछ। यसले सबै परियोजनाहरूको अन्तरक्रियात्मक असरहरूलाई बिचार गर्दै सबै ऊर्जा उपयोग गर्ने मुख्य उपकरणहरूको हिसाब राख्दछ र यस पद्धतिमा विस्तृत ऊर्जा लागत बचत गणना र परियोजना लागत समावेश हुन्छ। यो पद्धति ऊर्जा उपयोग गर्ने प्रणालीको सूचिकरण, विद्यमान संचालन स्थितिको अनुमान र ऊर्जा उपयोगको गणनामा आधारित हुन्छ। तत् पश्चात यस पद्धतिद्वारा ऊर्जाको अनुमानित प्रयोगलाई ऊर्जा उपभोग शुल्कसंग तुलना गरिन्छ।

२.४.१ प्रारम्भिक ऊर्जा परिक्षण पद्धति

यस पद्धति अन्तर्गत वाक थ्रु परिक्षण (walkthrough audit) गरिन्छ:

- संस्थामा ऊर्जा खपत भएको तथ्याङ्क स्थापित गर्ने;
- बचतको अवसर अनुमान गर्ने;
- ध्यान दिनको लागि सबैभन्दा सम्भावित र सजिला क्षेत्रहरू पहिचान गर्ने;
- तत्कालको लागि (विशेष रूपमा शून्य/कम लागत) सुधार/बचतहरू पहिचान गर्ने;

- कुनै एक “सन्दर्भ बिन्दु” (reference point) तय गर्ने;
- थप विस्तृत अध्ययन/मापनको क्षेत्रहरू पहिचान गर्ने;
- यस पद्धतिमा विद्यमान वा सजिलै पाइने तथ्यांकहरू प्रयोग गर्ने ।

२.४.२ विस्तृत ऊर्जा परिक्षण पद्धति

यस पद्धति अन्तर्गत ऊर्जा परिक्षण तीन चरणहरूमा संचालन गरिन्छ: I, II र III चरणहरू र ऊर्जा परिक्षण तालिका (flow chart) का दश चरणहरू तल दिइएका छन्:

चरण I: पूर्व-परिक्षण (pre audit) चरण

पूर्व-परिक्षण चरणमा ऊर्जा परिक्षकले संरचनात्मक र व्यवस्थित तरिकाले परिक्षण संचालनको लागि प्रारम्भिक योजना शुरु गर्दछ। परिक्षणको लागि प्रक्रियाहरूको योजना सबैभन्दा महत्वपूर्ण हुने हुनाले कार्यस्थलको प्रारम्भिक अध्ययन सधैं गरिनु पर्दछ। ऊर्जा परिक्षकलाई संस्थाको विस्तृत विवरण प्राप्त हुने र आवश्यक कार्यहरू व्यवस्थित रूपमा संचालन गर्न योजना बनाउन मद्दत गर्ने हुनाले विस्तृत परिक्षण गर्नु अघि एउटा प्रारम्भिक कार्यस्थल भ्रमण गर्नु आवश्यक हुन्छ। यसो गर्नाले ऊर्जा परिक्षकलाई उक्त संस्था, यसका सम्बन्धित अधिकारीहरू र कार्यक्षेत्र आफैसंग परिचित हुन मद्दत गर्दछ।

कार्यक्षेत्र भ्रमणको क्रममा ऊर्जा परिक्षकले निम्न कार्यहरू गर्नु पर्दछ:

- वरिष्ठ व्यवस्थापनसंग ऊर्जा परिक्षणका उद्देश्य र एजेन्डा छलफल गर्ने;
- इन्जिनियरिंग/उत्पादन विभागका अधिकारीहरूबाट भवनको नक्सा, बाष्प वितरण, कम्प्रेसड हावा वितरण, विद्युत वितरण आदिको नक्सा प्राप्त गर्ने;
- सम्बन्धित कर्मचारीहरूसंग मुख्य ऊर्जा खपत तथ्यांकहरू विश्लेषण गर्ने ।

ऊर्जा परिक्षकले कार्यस्थल भ्रमण गर्ने समयमा निम्न लक्ष्यहरूमा केन्द्रित हुनु पर्दछ:

- उक्त संस्थाको ऊर्जा परिक्षण टोली तय गर्ने;
- परिक्षणको समयमा सर्भेक्षण गर्नुपर्ने क्षेत्र/कारखाना/वस्तुहरूको निश्चित ऊर्जा उपयोग (SEC) पत्ता लगाउने;
- आवश्यक कुनै विद्यमान औजारहरू/अतिरिक्त मापन पहिचान गर्ने;
- परिक्षण पूर्व कुनै मापन औजार/उपकरणहरू जडान गर्नु पर्ने भए निकर्ग्यौल गर्ने;
- परिक्षण संचालनको लागि आवश्यक औजारहरू पहिचान गर्ने;
- कारखानाका ऊर्जाका श्रोतहरू र मुख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्रहरूमा बृहद तथ्यांक संकलन गर्ने;
- भेटघाटहरूद्वारा संस्थाका प्राविधिक टोलीहरूमा चेतना जगाउने ।

चरण II: विस्तृत ऊर्जा परिक्षण

यस चरणमा पूर्व-परिक्षण चरणको योजनामा आधारित रहेर विस्तृत ऊर्जा परिक्षण संचालन गरिन्छ। यस चरणमा निश्चित विभागहरू वा प्रक्रिया उपकरण (process equipment) का ऊर्जा/सामाग्री सन्तुलन स्थापित र अनुसन्धान गर्नको लागि ऊर्जा सर्भेक्षण र अनुगमन गरिन्छ। छनौट गरिएका अधिक ऊर्जा खपत गर्ने उपकरणहरूको लागि विस्तृत परिक्षण/प्रयोगहरू गरिन्छ। कहिलेकाहीं कुनै पनि भागहरू नछुट्टुन् भनेर लामो समयसम्म राती, सप्ताहन्त र दिनमा काम हुने समयमा व्यावसायिक क्षेत्रमा प्रयोग हुने उपकरण परिचालनको जाँच गरिन्छ। यस चरणको लागि आवश्यक समय कार्यस्थल/संस्थाको प्रकृति र जटिलतामा निर्भर गर्दछ।

विस्तृत परिक्षणको क्रममा संकलन गरिने जानकारी:

- ऊर्जाको प्रकार, विभाग, प्रक्रिया औजार (process equipment) को मुख्य पार्टपुर्जाहरू, अन्तिम प्रयोग अनुसार ऊर्जा खपत;
- ऊर्जा लागत र महशुल तथ्यांक;
- प्रक्रिया र सामाग्री प्रवाह चित्र;
- कार्यस्थलका सेवाहरू (जस्तै: कम्प्रेसड हावा, बाष्प आदि) को उत्पादन तथा वितरण;
- ऊर्जा आपूर्ति (ग्रिडबाट लिइएको विद्युत वा स्व-उत्पादन) को श्रोतहरू;
- इन्धन प्रतिस्थापनको लागि सम्भावना, प्रक्रिया परिमार्जन र सह-उत्पादन प्रणालीको प्रयोग (संयुक्त ताप तथा विजुली उत्पादन);
- ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यविधि र संस्थाभित्रै ऊर्जा सचेतना तालिम कार्यक्रमहरू।

विद्यमान आधाररेखाका बारेमा जानकारी महत्वपूर्ण हुन्छ। त्यसैले विद्यमान प्रतिवेदनसंगै ऊर्जा खपत ढाँचा, उत्पादन लागत र प्रति कच्चा पदार्थ निवेश अनुसार उत्पादनको उत्पादकत्व स्तर जस्ता तथ्याङ्क संकलन गरिनु पर्दछ।

परिक्षण टोलीले निम्न आधारभूत तथ्यांक संकलन गर्नु पर्दछ:

- क्षमता उपयोग;
- निवेशित सामाग्रीको परिमाण र प्रकार;
- पानीको खपत;
- इन्धन खपत;
- विद्युतीय ऊर्जा खपत;
- बाष्प खपत;
- कम्प्रेसड हावा, चिस्याउने पानी आदि जस्ता अन्य लागतहरू;
- उत्पादित फोहोरहरूको परिमाण र प्रकार;
- अस्वीकृतिको प्रतिशत/पूनःप्रक्रिया;
- दक्षताहरू।

संस्था/कार्यक्षेत्रबाट संकलित सबै तथ्याङ्क/जानकारीको आधारमा ऊर्जा उपयोगको विश्लेषण गरिन्छ र ऊर्जा बचतका अवसरहरू (ECO) को पहिचान र विकास गरिन्छ। उच्च लागत अवसरहरूको लागत लाभ विश्लेषण गणना गरिन्छ।

यी सबै चरणहरू पश्चात ऊर्जा प्रतिवेदन तयार हुन्छ। यस ऊर्जा प्रतिवेदनमा प्रमुख विभाग वा मुख्य प्रक्रियारत कार्य (processing function) हरूमा ऊर्जा लागत र उत्पादन परिमाणको वर्णन (description) समावेश हुन्छ। ऊर्जा दक्षताहरू सुधार गर्ने साधनहरूको सूची बनाइन्छ। ऊर्जा अवसर/सुधारहरूको मूल्यको साथै आवश्यक पुँजी लगानीमा अपेक्षित भुक्तानीको प्रारम्भिक विश्लेषण गरिन्छ। यस प्रतिवेदनमा विशिष्ट सिफारिसहरू पनि समावेश हुन्छन्, जसको लागि उच्च लगानी आवश्यक पर्ने संरक्षण विधिहरू (conservative measures) को कार्यान्वयन न्यायोचित ठहर्याउन विस्तृत इन्जिनियरिङ अध्ययन तथा संभाव्यता विश्लेषण गरिनु अत्यावश्यक हुन्छ।

चरण III: ऊर्जा परिक्षण पश्चातको कार्यान्वयन चरण (post audit)

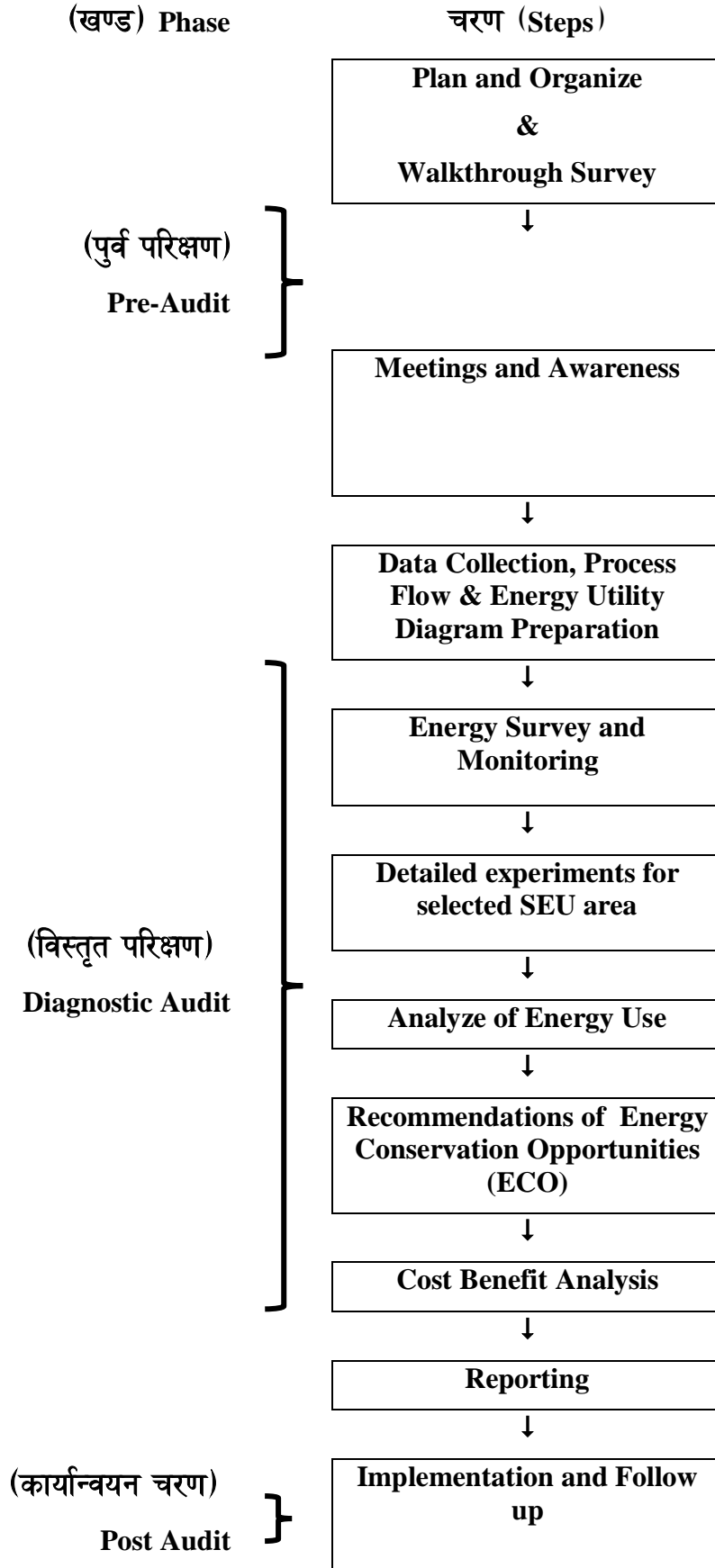
ऊर्जा परिक्षणलाई दिगोपना प्रदान गर्नको लागि यो चरण आवश्यक छ। यस चरणले ऊर्जा परिक्षणबाट सिफारिस गरिएको ऊर्जा बचत विधिहरूको कार्यान्वयनमा सहायता गर्न र कार्यसम्पादनको अनुगमन गर्न, संस्थालाई सिफारिस गरिएका कार्ययोजनाहरू कार्यान्वयन गर्न व्यवधानहरूको पहिचान गर्न र केही व्यवधान भएमा त्यसलाई हटाउन मद्दत गर्दछ। ऊर्जा परिक्षणले अनुगमन र आवधिक समिक्षाद्वारा संस्थालाई ऊर्जा बचत प्राप्तिको सुनिश्चितता पनि प्रदान गर्दछ।

२.५ निश्चित ऊर्जा खपत गणना

खपत ऊर्जा र उत्पादित सामग्री वा सेवाको परिमाणको अनुपातलाई निश्चित ऊर्जा खपत भनिन्छ। यो ऊर्जा कार्यसम्पादनका सूचकहरू मध्ये एक हो र यसले व्यावसायिक उद्यमहरूको ऊर्जा दक्षता झल्काउँछ। सामग्री वा सेवा उत्पादनको लागि ऊर्जा उपयोगको अनुपात निकालेर SEC को गणना गरिन्छ:

$$\text{SEC} = \text{Energy used/Product or Service amount}$$

विस्तृत ऊर्जा परिक्षण फलो चार्ट:



परिच्छेद ३: व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि निर्देशिका

यस निर्देशिकामा पाँच किसिमका बढी ऊर्जा खपत गर्ने व्यावसायिक क्षेत्रहरू समावेश गरिएका छन्। यी पाँच व्यावसायिक क्षेत्रहरू 'क' वर्गका बाणिज्य बैङ्क, अगला भवनहरू (सपिड मलहरू), अस्पताल/नर्सिङ होम, पाँचतारे होटल र मेडिकल स्टोर हुन्।

३.१ बाणिज्य बैङ्क 'क' वर्ग

सन् १९८० को दशकमा नेपालले बाणिज्य बैंकिंग क्षेत्रमा वैदेशिक सहभागिता खुला गर्यो। त्यसयता, विदेशी संयुक्त लगानीका बैङ्कहरू सहित २८ बाणिज्य बैङ्कहरू संचालनमा छन्। हाल ३६ विकास बैङ्कहरू र २५ फाइनेन्स कम्पनीहरू संचालनमा छन्। नेपालमा पाँच किसिमका बैङ्कहरू छन्। (श्रोत: NRB, २०१९)

३.२ ऊर्जा उपयोग र नेपालका 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.२.१ ऊर्जा उपयोग

'क' वर्गका बैङ्कहरूले मुख्यतः विद्युतीय ऊर्जाको उपयोग गर्दछन्। विद्युतको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो र लोड शेडिङ अवस्थामा डिजेल जेनेरेटरको प्रयोग गरिन्छ। विद्युतीय ऊर्जा मुख्यतया बत्ती, AC, पम्प र विद्युतीय उपकरणहरूले खपत गर्दछन्।

३.२.२ 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा निश्चित ऊर्जाको खपत (Specific Energy Consumption, SEC in A- Class Bank)

SEC को गणना कुनै क्षेत्र वा सेवा प्रदान गर्दा खपत हुने ऊर्जाको अनुपातमा गरिन्छ:

$$SEC = \text{खपत ऊर्जा/क्षेत्र वा सेवा}$$

यस निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरू चारवटा 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.1: Specific Energy Consumption in Commercial Bank

Specific Energy Consumption	
	Electrical (kWh/M ² /Year)
WECS २०१९/२०	१३७.८३

३.२.३ 'क' वर्गका बैङ्कहरूमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू

'क' वर्गका बैङ्कहरूमा निम्न क्षेत्र र उपकरणहरूले उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- AC प्रणाली;
- प्रकाश;

- डिजेल जेनेरेटर;
- कम्प्युटर;
- अन्य विद्युतीय उपकरण।

३.२.४ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन

वाणिज्य बैङ्कहरूमा विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरूको मापन आवश्यक हुन्छ:

डाटा लुगिङ: तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लुगिङ गर्ने; यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापन: सबै इन्डक्सन मोटरहरूको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने; यसले kW, kVA, एम्पियर र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापन: Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, बल्बले अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरूको संकलन गर्ने।

डिजेल जेनेरेटर: यसमा प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

एयर कण्डिसनर: यसमा विद्युतको भार मापन गर्ने।

३.२.५ वाणिज्य बैङ्कहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू

वाणिज्य बैङ्कहरूमा निम्न ऊर्जा बचतका अवसरहरू पत्ता लगाउन सकिन्छ:

Table 3.2: Energy Focus Area in Commercial Banks

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरू	लगानीको किसिम
१	माग व्यवस्थापन (भार सन्तुलन)	शून्य लगानी
२	प्रकाशका श्रोतहरूको नियमित सफाई	
३	AC फिल्टरको नियमित सफाई	
४	प्रयोग नहुँदा AC, पंखा र बत्ती बन्द राख्ने संस्कृतिको विकास गर्ने	
५	APFC इकाईसंगै क्यापासिटर बैङ्कको जडान गरी पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	
६	परम्परागत बत्तीलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
७	NEA संग गरेको संझौता संशोधनको लागि माग गर्ने र वास्तविक मागसंग स्थिर राख्ने	

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरू	लगानीको किसिम
८	अदक्ष पंखालाई उच्च दक्ष पंखाद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
९	हावाको फेरवदली रोक्न मुख्यद्वारमा हावा पर्दाको प्रयोग गर्ने	
१०	AC मा नियन्त्रक उपकरण जडान गर्ने, नयाँ AC जडान गर्दा स्टार रेटेड AC को सुनिश्चितता गर्ने	अधिक लगानी
११	बार्दलीमा उज्यालोको लागि सौर्य PV को जडान गर्ने	

३.२.६ केही साधारण ऊर्जा बचतका अवसरहरू:

- स्वचालित नियन्त्रणको लागि प्रकाश सचेतक प्रयोग गर्ने;
- स्वचालित प्रकाश नियन्त्रणको लागि सार्वजनिक क्षेत्रमा चाल सचेतकको प्रयोग गर्ने;
- एयर कण्डिसन प्रयोग भएको समयमा इयालढोकाहरू बन्द राख्ने;
- नियमित मर्मतसम्भार कार्यविधि स्थापना गर्ने;
- नियमित रूपमा आन्तरिक ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्ने;
- असल अभ्यासको रूपमा ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली ISO 50001 कार्यान्वयन गर्ने।

३.३ अगला भवनहरू (सपिड मल)

सपिड मलहरूको उदय पहिले सन् १९२० को दशकको शुरुवातमा संयुक्त राज्य अमेरिकामा भयो, तर आजका विशाल मेगा-मल इकाईहरूको रूपमा यिनीहरूको बढ्ने क्रम सन् १९८० को दशकमा मात्र भयो। विदेशका मलहरू भन्दा काठमाडौंका मल धेरै साना छन्।

व्यावसायिक अगला भवन (सपिड कम्प्लेक्स) एउटै भवनभित्र अनेकौं किसिमका उत्पादन र सेवाहरू प्रदान गर्ने खरिद बिक्री गर्ने स्थल हो। सपिड (व्यावसायिक) कम्प्लेक्समा सामग्रीहरू खरिद गर्नुको मुख्य फायदा भनेको धेरैथरीका सामानहरू एकै स्थानमा भेट्नु हो जसकारण समयको बचत गर्न सकिन्छ र साथै गुणस्तरीय सेवा पनि पाउन सकिन्छ।

३.३.१ ऊर्जा उपयोग र अगला भवनहरू (सपिड कम्प्लेक्स) मा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.३.१.१ ऊर्जा उपयोग

व्यावसायिक अगला भवनहरू (सपिड कम्प्लेक्स) ले विद्युतीय र तापीय दुबै किसिमका ऊर्जाहरू खपत गर्दछन्। विद्युतको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो भने लोड शेडिङको अवस्थामा डिजेल जेनेरेटरको प्रयोग गरिन्छ। विद्युतीय ऊर्जा मुख्यतया बत्ती, एयर कन्डिसनर, पम्प, लिफ्ट र एस्कलेटरहरूले खपत गर्दछन्। विद्युत खपत गर्ने मुख्य उपकरणहरू बत्ती र एयर कन्डिसनर हुन्।

३.३.१.२ व्यावसायिक अग्ला भवन (सपिड कम्प्लेक्स) मा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (Specific Energy Consumption, SEC in Commercial High Rise Building (Shopping Complex))

निश्चित ऊर्जा खपतको गणना कुनै क्षेत्र वा सेवा प्रदान गर्दा खपत हुने ऊर्जाको अनुपातमा गरिन्छ:

$$SEC = \text{खपत ऊर्जा} / \text{क्षेत्र वा सेवा}$$

यस निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन निष्कर्ष अनुसार नेपालका व्यावसायिक अग्ला भवन (सपिड कम्प्लेक्स) हरूमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरू नेपालका चारवटा अग्ला भवन (सपिड कम्प्लेक्स) इकाईहरूमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.3: Specific Energy Consumption in High Rise Building (Shopping Mall)

Description	Specific Energy Consumption
	kWh/M ² /Year
WECS २०१९/२०	६५.६७
Regional (India) ¹	१५८
International Benchmark ²	२५८

३.३.२ सपिड मलहरूमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू

निम्न क्षेत्र र उपकरणमा उल्लेख्य ऊर्जा खपत हुन्छ:

- HVAC प्रणाली;
- प्रकाश;
- कुलिड टावर;
- डिजेल जेनेरेटर;
- इन्डक्सन मोटर;
- पम्प।

३.३.३ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन

सपिड मलहरूको विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरूको मापन आवश्यक हुन्छ:

डाटा लागिङ्ग: तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लागिङ्ग गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

¹ BEE-ECO III Benchmarking Study, 2009

² BEE-ECO III Benchmarking Study, 2009

भार मापन: सबै इन्डक्सन मोटरहरूको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, एम्पियर र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापन: Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, बल्ब अविधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरूको संकलन गर्ने।

डिजेल जेनेरेटर: प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

सपिड मलहरूमा तापीय ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरूको मापन गर्नु आवश्यक हुन्छ:

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम क्षेत्र र ,बहाव दर , COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्य क्षमता मुल्याङ्कन गर्ने।

कुलिङ टावर: inlet र outlet तापक्रम नाप्ने।

३.३.४ सपिड मलहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू

सपिड मलहरूमा निम्न ऊर्जा बचत अवसरहरू पत्ता लगाउन सकिन्छ:

Table 3.4: Energy Focus Area in High Rise Building (Shopping Mall)

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरू	लगानीको प्रकार
१	माग व्यवस्थापन (भार सन्तुलन)	शून्य लगानी
२	प्रकाशका श्रोतहरूको नियमित सरसफाई	
३	प्रकाशका श्रोतहरूमा दक्ष परावर्तक प्रयोग गर्ने	
४	प्रयोग नहुँदा AC, पंखा र बत्तीहरू बन्द गर्ने	
५	APFC इकाईहरूसंगै क्यापासिटर बैङ्कको जडानद्वारा Power Factor सुधार गर्ने	न्यून लगानी
६	परम्परागत बत्तीहरूलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
७	NEA संग गरेको संझौता संशोधनको लागि माग गर्ने र वास्तविक मागसंग स्थिर राख्ने	
८	पम्पको लागि VFD जडान गर्ने	
९	अदक्ष पंखालाई उच्च गुणस्तरको पंखाद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१०	AC नियन्त्रकहरूको जडान गर्ने	अधिक लगानी
११	प्रकाशको लागि बार्दलीमा सौर्य PV जडान गर्ने	

३.३.५ केही साधारण ऊर्जा बचत अवसरहरू

- इकाईको हरेक खण्डमा ऊर्जा मिटरको जडान गर्ने र नियमित अनुगमन गर्ने;
- मलका प्राविधिकहरूसंग विद्युतीय मापनका लागि पावर एनालाइजरमा हाते कल्याम्प हुनु पर्दछ;
- स्वचालित नियन्त्रणको लागि प्रकाश सचेतक प्रयोग गर्ने;
- सबै बाहिरी बत्तीहरूलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने;
- उपयोगिता (utility) खण्डको संचालन कम भार पर्ने समयमा गर्नु पर्दछ;
- असल अभ्यासको रूपमा ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली ISO 50001 कार्यान्वयन गर्न जोडदार सिफारिस गरिन्छ।

३.४ अस्पताल/नर्सिङ होम

नेपालमा प्रायः सबै अस्पतालहरू साधारण किसिमका छन् जसमा एउटा आपतकालिन विभाग हुन्छ जहाँ आकस्मिक बिरामी भएको अवस्थामा तात्कालिक स्वास्थ्य समस्याको उपचार गरिन्छ। नेपाल सरकारले सन् १८८९ देखि देशमा अस्पतालको स्थापना गरेर सर्वसाधारणको लागि स्वास्थ्य सेवा प्रदान गर्न शुरुवात गरेको हो। हाल स्वास्थ्य तथा जनसंख्या मन्त्रालयले संघीय संरचना अनुसार चार श्रेणीका सरकारी अस्पतालहरूको व्यवस्था गरेको छ। बैशाख २१, २०७४ मा मन्त्री परिषदद्वारा स्वीकृत नेपाल स्वास्थ्य पूर्वाधार विकास मापदण्ड, २०१७ का अनुसार पहिलो, दोस्रो, तेस्रो र विशेष श्रेणीका अस्पतालहरू क्रमशः गाउँपालिका, नगरपालिका, प्रादेशिक र केन्द्रीय स्तरमा छन्।

३.४.१ ऊर्जा उपयोग र अस्पतालहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.४.१.१ ऊर्जा उपयोग

प्रायः अस्पतालहरूले विद्युतीय र तापीय ऊर्जाहरूको खपत गर्दछन्। विद्युतको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो भने लोड शेडिङको अवस्थामा डिजेल जेनेरेटरको प्रयोग गरिन्छ। विद्युतीय ऊर्जा मुख्यतया प्रकाश, एयर कन्डिसनर, पानी प्रशोधन केन्द्र, HVAC, मेडिकल उपकरण, कपडा धुलाई र लिफ्टले खपत गर्दछन्।

३.४.१.२ अस्पतालहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (Specific Energy Consumption, SEC in Hospitals)

SEC को गणना कुनै क्षेत्र वा सेवा प्रदान गर्दा खपत हुने ऊर्जाको अनुपातमा गरिन्छ:

SEC = खपत ऊर्जा / (बेडको संख्या वा क्षेत्र वा सेवा)

यस निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका अस्पतालहरूमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरू नेपालका चारवटा अस्पतालहरूमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.5: Specific Energy Consumption in Hospitals/Nursing Homes

Description	Specific Energy Consumption	
	kWh/M ² /Year	kWh/Bed/Year
WECS २०१९/२०	८३.४	५५५३.६
³ Regional (India)	२८१	-
⁴ International Benchmarking Indices	३७८	१३,८९०

३.४.२ अस्पतालहरूमा उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू

अस्पतालहरूमा निम्न क्षेत्रहरू र उपकरणहरूले उल्लेख्य मात्रामा ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- HVAC प्रणाली;
- प्रकाश;
- पानी प्रशोधन केन्द्र;
- पम्प प्रणाली;
- कुलिङ टावर;
- डिजेल जेनेरेटर;
- कपडा धुलाई;
- मेडिकल उपकरणहरू।

३.४.३ ऊर्जा परिक्षणको नमुना संकलन र मापन

विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरूको मापन गरिन्छ:

डाटा लागिङ्ग: तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लागिङ्ग गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापन: सबै इन्डक्सन मोटरहरूको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापन: Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, बल्ब अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरूको संकलन गर्ने।

³ Source: BEE-ECO-III Benchmarking Study, २००९

⁴ Source: BEE-ECO-III Benchmarking Study, २००९

पम्पको भार मापन: कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

डिजेल जेनेरेटर: प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

तापीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरूको मापन गरिन्छ:

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम क्षेत्र र ,बहाव दर ,COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्य क्षमता मुल्याङ्कन गर्ने।

Cooling Tower: चिस्याउने वस्तु र पानीको inlet र outlet तापक्रम नाप्ने।

३.४.४ अस्पतालहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू

अस्पतालहरूमा निम्न ऊर्जा बचत अवसरहरू पत्ता लगाउन सकिन्छ:

Table 3.6: Energy Focus Area in Hospitals/Nursing Homes

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरू	लगानीको प्रकार
१	माग व्यवस्थापन (भार सन्तुलन)	शून्य लागत
२	भित्ताहरूमा फिक्का रंग रंगाउने	
३	उच्चतम प्रकाशको लागि नियमित बत्तीहरू सफा गर्ने	
४	आवश्यक नहुँदा AC, पंखा र बत्तीहरू बन्द गर्ने	
५	APFC इकाईहरूसँगै क्यापासिटर बैङ्कको जडानद्वारा Power Factor सुधार गर्ने	न्यून लागत
६	परम्परागत बत्तीहरूलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
७	NEA संग गरेको संझौता संशोधनको लागि माग गर्ने र वास्तविक मागसंग स्थिर राख्ने	
८	पम्पको लागि VFD जडान गर्ने	
९	अदक्ष पंखालाई उच्च गुणस्तरको पंखाद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१०	पुराना पम्पलाई ऊर्जा दक्ष पम्पद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
११	Autoclave को इन्सुलेसन गर्ने	अधिक लागत
१२	AC नियन्त्रक जडान गर्ने, उच्च गुणस्तरका AC जडान सुनिश्चित गर्ने	
१३	उच्च गुणस्तरका रेफ्रिजेरेटरहरू खरिद गर्ने	
१४	बार्दलीहरूमा सौर्य PV जडान गर्ने	

३.४.५ केही साधारण ऊर्जा बचत अवसरहरू:

- इकाईको हरेक खण्डमा ऊर्जा मिटरको जडान गर्ने र नियमित अनुगमन गर्ने;
- विद्युत शुल्क दर कम भएको समय राती ११ बजेदेखि बिहान ५ बजेको (off-peak time) दौरान फायदा लिन सकिने तरिकाबाट योजना तालिकाहरू बनाउन सकिन्छ। विकल्पहरूमा भण्डारणको लागि पानी ताप्ने, किटाणु शोधन (sterilization) को लागि अटोक्लेभको प्रयोग, कपडा धुलाई र पानी छ्याप्ने आदि हुन सक्दछन्;
- स्वचालित नियन्त्रणको लागि प्रकाश सचेतकको प्रयोग गर्ने;
- स्वचालित बत्ती नियन्त्रणको लागि सार्वजनिक क्षेत्रमा चाल सचेतकको प्रयोग गर्ने;
- उच्चतम प्रकाशको लागि बत्तीहरू नियमित सफा गर्नुका साथै जलेका फ्लोरोसेन्ट बत्तीहरू प्रतिस्थापन गर्ने;
- एयर कन्डिसन प्रयोग भएको समयमा झ्यालढोका बन्द राख्ने;
- नियमित मर्मतसम्भार कार्यविधि स्थापना गर्ने;
- नियमित रूपमा आन्तरिक ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्ने, असल अभ्यासको रूपमा ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली ISO 50001 कार्यान्वयन गर्ने।

३.५ पाँचतारे होटल

सन् १९४१ मा नेपालमा होटलहरू खुल्न थाले। नेपालको पहिलो होटल हिमालयन इन सन् १९५० मा खुल्यो। त्यसपछि सन् १९५१ मा होटल पारस काठमाडौंको न्युरोडमा र सन् १९५२ मा होटल नेपालले जावलाखेलमा सेवा प्रदान गर्न थाले। नेपालमा अन्तर्राष्ट्रिय स्तरको पहिलो होटल “रोयल होटल” सन् १९५३ मा स्थापना गरिएको थियो। सन् १९६५ मा होटल डेल अन्नपूर्ण पाँचतारे होटलको रूपमा अस्तित्वमा आयो। सन् १९७३ मा “होटल याक एण्ड यती” को नाममा अर्को पाँचतारे होटल स्थापना भयो। सन् २०२० मार्चसम्मको तथ्यांक अनुसार नेपालमा २,७०५ कोठाहरू सहित १६ वटा पाँचतारे होटल र ६०७ अन्तर्राष्ट्रिय स्तरका होटलहरू छन् (NTB, 2020)। पर्यटन एकदमै छिटो बृद्धि हुने र अर्थतन्त्रलाई नै पुनर्जीवन दिन सक्ने क्षेत्र भएकोले भविष्यमा बढी भन्दा बढी पाँचतारे होटलहरू खुल्ने संभावना रहेको छ।

३.५.१ ऊर्जा उपयोग र पाँचतारे होटलहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.५.१.१ ऊर्जा उपयोग

पाँचतारे होटलहरूले विद्युतीय र तापीय दुबै ऊर्जाहरूको प्रयोग गर्दछन्। विद्युतको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो भने लोड शेडिङको अवस्थामा डिजेल जेनेरेटरको प्रयोग गरिन्छ। विद्युतीय ऊर्जा मोटर, ड्राइभ, कम्प्रेसर (हावा र रेफ्रिजेरेसन दुबै), पम्प र बत्तीहरूले खपत गर्दछन्। विद्युत मुख्यतया चिस्यान भण्डार,

होमोजिनाइजेसन र पानी चिस्याउने प्रक्रियाहरूले खपत गर्दछन्। तापीय ऊर्जा बोइलर संचालनको लागि आवश्यक हुन्छ जसले लुगा धुन र अन्य प्रक्रियाहरूको लागि बाष्प उत्पादन गर्दछ। बोइलर संचालनको लागि प्रयोग हुने मुख्य इन्धन डिजेल हो। केही पाँचतारे होटलहरूले अन्य श्रोतहरू जस्तै: हल्का डिजेल आयल र फर्नेस आयल पनि प्रयोग गर्दछन्।

३.५.१.२. पाँचतारे होटलहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (Specific Energy Consumption, SEC in Five Star Hotels)

SEC को गणना कुनै क्षेत्र वा सेवा प्रदान गर्दा खपत हुने ऊर्जाको अनुपातमा गरिन्छ:

SEC = खपत ऊर्जा/ कोठा वा क्षेत्र सेवाको परिमाण

यस निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका पाँचतारे होटलहरूमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरू नेपालका चारवटा होटलहरूमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार गरिएको हो।

Table 3.7: Specific Energy Consumption in Hotels

Description	Specific Energy Consumption			
	kWh/M ² /Year	kWh/Room/Year	MJ/M ² /Year	MJ/Room/Year
WECS २०१९/२०	२२४.७२	१५६४७.४५	६५३.२६	५४२२०.१४
EEC-FNCCI २०१५ (Nepal) ⁵	-	१७,३२६	-	४५,३६७
Regional (India) ⁶	२५४	-	-	
International Benchmarking Indices ⁷	२७९	२४,११०		

३.५.२ पाँचतारे होटलहरूमा उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू

निम्न क्षेत्रहरू र उपकरणहरूले उल्लेख्य मात्रामा ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- HVAC प्रणाली;
- प्रकाश;
- पानी प्रशोधन केन्द्र;
- पम्प प्रणाली;
- कुलिड टावर;

⁵ EEC-FNCCI, 2017

⁶ BEE-ECO-III Benchmarking Study, 2009

⁷ BEE-ECO-III Benchmarking Study, 2009

- कम्प्रेसर;
- डिजेल जेनेरेटर;
- कपडा धुलाई;
- बोइलर;
- ताप एक्स्चेन्जर;
- भान्साका उपकरणहरू।

३.५.३ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन

विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरूको मापन गरिन्छ:

डाटा लुगिङ्ग: तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लुगिङ्ग गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापन: सबै इन्डक्सन मोटरहरूको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, एम्पियर र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापन: Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, बल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरूको संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापन: कार्य क्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

हावा कम्प्रेसर: FAD जाँच संचालन गर्ने, वितरण प्रणालीमा चुहावटको पहिचान गर्ने।

डिजेल जेनेरेटर: प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

तापीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न प्यारामिटरहरूको मापन गरिन्छ:

बोइलरमा:

धुवाँको विश्लेषण: अक्सिजन, कार्बन डाइअक्साइड, कार्बन मोनोअक्साइड, stack र वरपरको तापक्रम मापन गर्ने।

सतहको ताप चुहावट मापन: बोइलर भाँडा र स्टिम पाइपलाइनहरूको सतहको तापक्रम मापन गर्ने।

फीड वाटर विश्लेषण: pH, TDS, कडापन र तापक्रम मापन गर्ने।

ब्लो डाउन पानीको विश्लेषण: pH & TDS मापन गर्ने।

इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर: भित्र जाने र बाहिर निस्कने पानी र हावाको तापक्रम मापन गर्ने।

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम, बहाव दर, क्षेत्र र COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्य क्षमता मुल्याङ्कन गर्ने।

ताप एक्स्चेन्जर: भित्रिने र बाहिरिने तापक्रम नाप्ने।

कुलिड टावर: चिस्याउने वस्तु र पानीको inlet र outlet तापक्रम नाप्ने ।

३.५.४ पाँचतारे होटलमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू

पाँचतारे होटलहरूमा निम्न ऊर्जा बचत अवसरहरू पत्ता लगाउन सकिन्छ:

Table 3.8: Energy Focus Area in Hotels

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरू	लगानीको प्रकार
१	माग व्यवस्थापन (भार सन्तुलन)	शून्य लागत
२	Phase सन्तुलन	
३	उच्चतम प्रकाशको लागि नियमित बत्तीहरू सफा गर्ने	
४	Stack मा अक्सिजन र कार्बन डाइअक्साइड नाप्ने र बोइलरमा अतिरिक्त हावा नियन्त्रण गर्ने	
५	बोइलर लगबुक राख्ने	
६	आवश्यक नहुँदा AC, पंखा र बत्तीहरू बन्द गर्ने	
७	APFC इकाईहरूसँगै क्यापासिटर बैङ्कको जडानद्वारा पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	न्यून लागत
८	परम्परागत बत्तीहरूलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
९	NEA संग गरेको संझौता संशोधनको लागि माग गर्ने र वास्तविक मागसंग स्थिर राख्ने	
१०	पम्प र मोटरको लागि VFD जडान गर्ने	
११	पुराना पम्प र मोटरलाई ऊर्जा दक्ष पम्प र मोटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
१२	स्टिम वितरणमा नांगा पाइपहरू र फिटिङहरूलाई इन्सुलेसन गर्ने	
१३	स्टिमबाट पानी पुनर्लाभ गर्ने	अधिक लागत
१४	बार्दलीहरूमा सौर्य PV वा सौर्यग्रिड टाई प्रणाली जडान गर्ने	
१५	बोइलरमा इकोनोमाइजर र हावा प्रिहिटर जडान गर्ने	

३.५.५ केही साधारण ऊर्जा बचत अवसरहरू

- इकाईको हरेक खण्डमा ऊर्जा मिटरको जडान गर्ने र नियमित अनुगमन गर्ने;
- स्वचालित नियन्त्रणको लागि प्रकाश सचेतक प्रयोग गर्ने;
- प्रयोग नभएको अवस्थामा विद्युतीय यन्त्रहरू बन्द राख्ने ;

- पाहुना बस्ने क्षेत्रमा स्वचालित बत्ती नियन्त्रणको लागि सचेतक प्रयोग गर्ने ;
- एयर कण्डिसन प्रयोग भएको समयमा इयालढोकाहरू बन्द राख्ने;
- नियमित रूपमा आन्तरिक ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्ने, असल अभ्यासको रूपमा ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली ISO 50001 कार्यान्वयन गर्ने ।

३.६ मेडिकल स्टोर

प्रभावकारी र दक्ष स्वास्थ्य सेवा प्रदान गर्नुका साथै नागरिकको गुणस्तरीय स्वास्थ्य सेवा पाउने अधिकारको सुनिश्चितता गर्न आपूर्ति व्यवस्थाको दक्ष व्यवस्थापन महत्वपूर्ण हुन्छ। नेपाल सरकारको स्वास्थ्य संस्थाहरूको लागि मुख्य रूपमा स्वास्थ्य सम्बन्धी वस्तुहरूको खरिद, भण्डारण र वितरण गर्ने गरी स्वास्थ्य सेवा विभाग अन्तर्गत सन् १९९३ मा आपूर्ति व्यवस्था महाशाखाको स्थापना भएको थियो।

मेडिकल स्टोरहरू ती सुविधाहरू हुन् जहाँ प्रायशः खोप, अभिकर्मक र परिक्षण नमुनाहरू भण्डारण गरिन्छन्। यसमा भण्डारण गरिएका सामग्रीहरूको दीगोपनाको लागि चिस्यान र रेफ्रिजेरेसन गर्न विद्युतीय ऊर्जाको आवश्यकता पर्दछ। सबै प्रकारका स्वास्थ्य सेवा केन्द्रहरू (निजी र सरकारी दुबै) लाई त्यस्ता खोप र अन्य सामग्रीहरू संरक्षण गर्न र भविष्यमा प्रयोग गर्न तयारी अवस्थामा राख्न एउटा मेडिकल स्टोर आवश्यक हुन्छ।

विगतमा एउटा केन्द्रीय र पाँच क्षेत्रीय मेडिकल स्टोर हुनुका साथै देशका पचहत्तरै जिल्लामा जिल्लास्तरीय स्टोरहरू थिए। नेपाल संघीय पुनर्संरचना प्रक्रियामा गएपछि यो संजाल एक केन्द्रीय, सात प्रादेशिक र ७७ जिल्लास्तरीय मेडिकल स्टोरहरूमा रूपान्तरण गरिएको छ। केन्द्रीय स्तरको मेडिकल स्टोर काठमाडौंमा अवस्थित छ। सबै प्रादेशिक स्टोरहरू प्रादेशिक राजधानीमा अवस्थित छन् तर प्रदेश नं २ को मेडिकल स्टोर बारा जिल्लाको पथलैयामा अवस्थित छ।

३.६.१ ऊर्जा उपयोग र मेडिकल स्टोरहरूमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत

३.६.१.१ ऊर्जा उपयोग

मेडिकल स्टोरले मुख्यतया विद्युतीय ऊर्जाहरूको खपत गर्दछ। विद्युतको मुख्य श्रोत राष्ट्रिय ग्रिड हो भने लोड शेडिङको अवस्थामा डिजेल जेनेरेटर प्रयोग गरिन्छ। मुख्यतया बत्ती, एयर कन्डिसनर, चिस्यान भण्डार कोठा र फ्रिजले विद्युतीय ऊर्जाको खपत गर्दछन्।

३.६.१.२ मेडिकल स्टोरमा हुने निश्चित ऊर्जाको खपत (Specific Energy Consumption, SEC in Medical Store)

SEC को गणना कुनै क्षेत्र वा सेवा प्रदान गर्दा खपत हुने ऊर्जाको अनुपातमा गरिन्छ:

SEC = खपत ऊर्जा/ क्षेत्र वा सेवा

यस निर्देशिका तयार गर्ने क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार नेपालका मेडिकल स्टोरहरूमा हुने निश्चित ऊर्जा खपतको परिमाण तल दिइएको छ। आँकडाहरू नेपालका तीनवटा मेडिकल स्टोरहरूमा गरिएको ऊर्जा परिक्षणको आधारमा तयार पारिएको हो।

Table 3.9: Specific Energy Consumption in Medical Stores

Specific Energy Consumption	
	Electrical (kWh/M ²)
WECS २०१९/२०	८९.८६

३.६.२ मेडिकल स्टोरहरूमा उल्लेख्य रूपमा ऊर्जा खपत हुने क्षेत्र तथा उपकरणहरू

निम्न क्षेत्र र उपकरणले उल्लेख्य मात्रामा ऊर्जा खपत गर्दछन्:

- HVAC प्रणाली;
- प्रकाश;
- डिजेल जेनेरेटर;
- डीप फ्रिजर र फ्रिज।

३.६.३ ऊर्जा परिक्षणको लागि नमुना संकलन र मापन

विद्युतीय प्रणालीको ऊर्जा परिक्षणको लागि निम्न विद्युतीय प्यारामिटरहरूको मापन गरिन्छ:

डाटा लगिङ्ग: तीन चरणको डाटा लगरको मद्दतले मुख्य विद्युतीय प्यानलमा २४ घण्टा डाटा लगिङ्ग गर्ने, यसले पावर फ्याक्टर, kW र kVA मा कुल भार, उच्चतम माग, भोल्टेज, करेन्ट, हार्मोनिक्स देखाउँछ।

भार मापन: सबै इन्डक्सन मोटरहरूको भार मापन handheld power analyzer को मद्दतले गर्ने, यसले kW, kVA, ampere र पावर फ्याक्टर देखाउँछ।

प्रकाशको भार मापन: Handheld power analyzer को मद्दतले मुख्य प्रकाश प्यानलमा भार मापन गर्ने।

प्रकाश सम्बन्धी विवरण: Wattages, चल्ने अवधि र जडान गरिएको स्थानसंगै बत्तीका किसिमहरू संकलन गर्ने।

पम्पको भार मापन: कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि ऊर्जा खपत र हेड डिस्चार्ज मापन गर्ने।

डिजेल जेनेरेटर: प्रति लिटर इन्धनमा किलोवाट घण्टा उत्पादन गणना गर्ने।

HVAC: भित्र जाने र बाहिर निस्कने तापक्रम क्षेत्र र ,बहाव दर ,COP को लागि विद्युतीय भार नाप्ने र कार्यक्षमता मुल्याङ्कन गर्ने।

३.६.४ मेडिकल स्टोरहरूमा सम्भावित ऊर्जा बचतका अवसरहरू

मेडिकल स्टोरहरूमा निम्न ऊर्जा बचत अवसरहरू पत्ता लगाउन सकिन्छः

Table 3.10: Energy Focus Area in Medical Stores

क्र.सं.	ऊर्जा बचतका अवसरहरू	लगानीको प्रकार
१	नियमित रूपमा रेफ्रिजेरेसन, डीप फ्रिज र बत्तीहरूको सरसफाईको सुनिश्चितता गर्ने	शून्य लागत
२	अनुकूल क्षमताको फ्रिजर प्रयोग गर्ने	
३	लामो समयसम्म प्रयोगमा नरहेका रेफ्रिजेरेटरहरू बन्द गर्ने	
४	क्यापासिटर बैक जडान गरी पावर फ्याक्टर सुधार गर्ने	न्यून लागत
५	NEA संग गरेको संझौता संशोधनको लागि माग गर्ने र वास्तविक मागसंग स्थिर राख्ने	
६	परम्परागत बत्तीहरूलाई LED द्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	
७	पुराना रेफ्रिजेरेटरलाई स्टार रेटेड रेफ्रिजेरेटरद्वारा प्रतिस्थापन गर्ने	अधिक लागत

३.६.५ केही साधारण ऊर्जा बचतका अवसरहरू

- रेफ्रिजेरेसन कोठामा हावा वारपार हुने व्यवस्था मिलाउने;
- सबै औजारहरूको नियमित मर्मतसम्भार कार्यविधि स्थापना गर्ने;
- नियमित रूपमा आन्तरिक ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्ने;
- ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली ISO 50001 कार्यान्वयन गर्ने।

परिच्छेद ४: व्यावसायिक क्षेत्रमा ऊर्जा बचतका अवसरहरू

४.१ विद्युत भार र माग व्यवस्थापन

नेपालको व्यावसायिक क्षेत्रहरू लागि अपनाइएको विद्युत बीजकमा दुई भाग हुन्छन्:

- बीजक अवधिभरमा अभिलेख राखिएको अधिकतम माग (kVA) को लागि; र
- बीजक अवधिभरमा खपत गरिएको ऊर्जा (kWh) को लागि।

उपभोक्ताको आवश्यकता अनुसार स्थिर राखिने क्षमता अनुसार अधिकतम माग शुल्क निर्भर हुन्छ। उपभोक्ताकोमा जडित tri-vector मिटरले अन्य सुविधाहरू जस्तै: स्वीकृत अधिकतम माग (kVA), सक्रिय शक्ति (kW), प्रतिक्रियाशील शक्ति (kVAR), प्रत्यक्ष शक्ति (VA) र power factor (PF) हरको रेकर्ड गर्दछ।

हाल NEA ले ११ kV विद्युत आपूर्ति गर्ने व्यावसायिक क्षेत्रमा सामान्यतया निम्न ढाँचाको बिल निर्धारण गर्दछ। फरक भोल्टेज प्रणाली भएका व्यावसायिक क्षेत्रहरूका लागि महशुल योजना समान हुँदैनन् र सेवा प्रदायक कम्पनीबाट प्रमाणित गरिनु पर्दछ। महशुल साधारणतया निश्चित समयावधि पश्चात परिवर्तन गरिन्छ।

Table 4.1: Electricity tariff (NEA) applicable to commercial sectors reference year 2075/76

अवधि	नेपाली रुपैयाँमा मूल्य/ KWh
Peak time (5PM to 11 PM)-T1	१२.९
Off peak time (11 PM to 5 AM)-T3	
Other time (5 AM to 5 PM)-T2	
Demand charges per kVA: NPR. ३५०.००	

उच्च मागको अवधिमा विद्युतको प्रयोग घटाउन उपभोगको तालिका बनाउने प्रक्रिया नै विद्युत भार व्यवस्थापन हो। यस उपायले उच्च माग अवधिमा भन्दा सामान्य वा कम माग अवधिमा महशुल कम हुने हुनाले विद्युतीय ऊर्जाको लागत घटाउन मद्दत गर्दछ।

सामान्यतया व्यावसायिक क्षेत्रको सेवामा असर नपुर्याइ प्रणालीको उच्च माग घटाउन गरिने निर्धारित उपायहरूलाई माग व्यवस्थापन भनिन्छ।

यो उद्देश्य प्राप्त गर्न प्रयोग गरिने परम्परागत विधिहरू:

- सहायक क्षेत्रहरूको कार्य आलोपालो गर्ने;
- लोड शेडिंग गर्ने (आवश्यकतानुसार);
- विद्युतीय ऊर्जाको बैकल्पिक श्रोतको उपयोग गर्ने, सहउत्पादन/captive generating इकाईहरू उपलब्ध गराउने;

- पानीको भण्डारण अग्लो स्थानमा गर्ने, तरल पदार्थहरूको भण्डारण आवश्यकता अनुसार कम वा बढी तापक्रम गर्ने;
- पावर फ्याक्टरमा सुधार ल्याउने।

स्वचालित माग नियन्त्रकहरूको प्रयोग गरेर कम प्राथमिकताका भारहरूलाई बन्द गर्दै अधिकतम मागलाई घटाउन सकिन्छ ।

४.२ पावर फ्याक्टर व्यवस्थापन

पावर फ्याक्टर (PF) सक्रिय शक्ति (kW) र प्रत्यक्ष शक्तिको अनुपात हो। Inductive Load मा करेन्ट भोल्टेज भन्दा पछाडि हुन्छ र Capacitive Load मा करेन्ट भोल्टेज भन्दा अगाडि हुन्छ। Inductive Load मा पावर फ्याक्टर lagging हुन्छ र Capacitive Load पावर फ्याक्टर leading हुन्छ।

Power Factor = [Working Power (kW) / Apparent Power (kVA)] = Cos ϕ

PF = [kW/kVA] = Cos ϕ

जब पावर फ्याक्टर एक (Unity) को नजिक कायम गरिन्छ, भारले खपत गर्ने शक्ति घट्दछ र अन्ततः उच्चतम माग घट्न पुग्दछ। PF ले भारले खपत गर्ने reactive current घटाउँछ जसकारण विद्युतीय चुहावट (loss) लाई पनि घटाउँछ। यसबाट प्रणालीको क्षमता बढाउन मद्दत पुग्दछ।

उचित क्षमताका capacitors हरूको जडान र मर्मतसम्भार गर्नाले विद्युत उपभोक्ता पक्ष (user end) मा power factor मा सुधार ल्याउनुका साथै inductive load को reactive power घटाउनमा मद्दत गर्दछ। यस उपायले भोल्टेजको स्तरमा समेत सुधार हुन जान्छ।

- क्यापासिटर जडानद्वारा PF सुधारका फायदाहरू:
- विद्युतीय प्रणालीको reactive component घट्न गई कुल करेन्ट (total current) पनि घट्न जान्छ;
- करेन्टमा कमि हुनाले प्रणालीमा I^2R ऊर्जा चुहावटमा हुने न्यूनिकरण;
- Load side मा भोल्टेजको स्तरमा बृद्धि;
- उच्च पावर फ्याक्टरले विद्युतीय प्रणालीको पूर्ण क्षमताको उपयोग गर्न मद्दत गर्दछ।

४.३ विद्युतीय मोटरको कार्यक्षमतामा सुधार

विद्युतीय मोटरको संचालन क्षमतामा निम्न तरिकाहरूबाट सुधार ल्याउन सकिन्छ:

४.३.१ मोटर प्रणालीको मर्मतसम्भार

विद्युतीय मोटरहरूद्वारा चलाईने उपकरणहरूको सरसफाई, लुब्रिकेसन र correct alignment को सुनिश्चितता, drive couplings र गियर वा बेल्ट प्रणालीहरू जहाँ शाफ्टको क्रमबद्धतामा गरिने साना परिवर्तनहरूले पनि अत्याधिक खपत र ऊर्जा चुहावट, कम्पन र असामयिक असफलता निम्त्याउन सक्ने भएकोले त्यस्तो कुरामा विशेष ध्यान दिनु अत्यन्त महत्वपूर्ण हुन्छ।

मोटरहरू धेरै नतातोस् भन्ने सुनिश्चितताको लागि ventilation grills and fans हरूको सरसफाई नियमित रूपमा गर्नु पर्दछ। जब मोटरको तारहरू (conductors) को तापक्रम बढ्दछ, प्रतिरोध (resistance) बढ्न

गर्इ विद्युतीय ताप चुहावट (heat loss) बढ्छ जसकारण दक्षता (efficiency)मा कमि आउँछ र मोटरको आयु घट्न जान्छ।

४.३.१.१ आपूर्ति भईरहेको भोल्टेजलाई rated specification अनुसार कायम/नजिक राख्ने

डिजाईन भोल्टेजको ९५% भन्दा कममा संचालन गर्दा विद्युतीय मोटरको दक्षता लगभग २ देखि ४ प्रतिशत घट्छ र सर्भिस तापक्रम २०°F सम्म बढ्न गर्इ इन्सुलेसनको आयुमा ठूलो हास आउँछ। मोटरलाई डिजाईन भोल्टेज भन्दा बढीमा संचालन गर्दा पनि पावर फ्याक्टर र दक्षतामा कमि आउँछ। त्यस्तै असन्तुलित भोल्टेज आपूर्तिमा मोटर चलाउनाले समेत यसको कार्यसम्पादनमा हास आउँछ।

४.३.१.२ Rewinding losses घटाउने

Rewinding गर्नु भन्दा अगाडि stator core बाट winding को stripping गर्दा प्रयोग गरिने तापले पछि मोटरमा उच्च तापक्रम उत्पन्न हुने जोखिम उत्पन्न गराउँछ। यस तापक्रमले धेरैजसो अवस्थामा stator core स्टिलको विद्युतीय विशेषताहरूमा असर गर्दछ र iron loss मा बृद्धि गर्दछ तथा मोटरको दक्षतामा हास ल्याउँछ। त्यसकारण rewinding ले मोटरको दक्षता र विश्वस्तता (reliability) घटाउँछ। कुनै पनि मोटरको खरिद गर्दा पछि rewinding वा मोटर खोलखाल गरिसके पछि तुलना गर्नको लागि no load electrical parameters को रेकर्ड राख्न सधैं सल्लाह दिईन्छ।

४.३.१.३ दक्ष पेटी (belt) र गियरहरूको प्रयोगद्वारा प्रशारण दक्षता अनुकूलन (optimization) गर्ने

शक्ति प्रशारण उपकरण (power transmission equipment) ले विद्युतीय मोटरले गर्ने ऊर्जा खपतमा महत्वपूर्ण भुमिका खेल्छ। श्याफ्ट, बेल्ट, चेन र गियर लगायतका मोटरको ऊर्जा प्रशारण उपकरणहरू उचित तवरले जडान र मर्मतसम्भार गरिनु पर्दछ। V-belt को बदलामा फ्ल्याट बेल्टको प्रयोगले प्रशारण दक्षतामा सुधार ल्याउँछ।

४.३.१.४ Motor loading अनुकूलन (optimization)

मोटरको भार कम गर्नाले दक्षतामा कमि आउँछ, पावर फ्याक्टर घटाउँछ, मोटरमा शुरूको लागत र त्यसको सम्बन्धित नियन्त्रण उपकरणको लागत र जडान खर्च बढाउँछ। क्षमता भन्दा कम भार (under loading) मा मोटर सञ्चालन गर्नाले यसको starting torque समेत बढ्न जान्छ र मोटरको साईज बढ्न जान्छ। स्वाभाविक रूपमा ठूला मोटरहरू साना मोटरहरू भन्दा उच्च दक्षताका हुन्छन्। त्यसकारण साधारणतया डिजाइन क्षमताको ६०-७०% वा सोभन्दा बढी क्षमतामा संचालन भईरहेका मोटरहरूको प्रतिस्थापनको लागि सिफारिस गरिँदैन।

सामान्यतया तय गरिएको भन्दा ४०-४५% कम क्षमतामा संचालन हुने मोटरहरूको लागि डेल्टा/स्टार स्विचहरू राख्न सस्तो र प्रभावकारी विधि उपयोगी हुन्छ। स्तरीय डेल्टा operation mode बाट स्टार operation mode मा परिवर्तन गर्नको लागि थप लागतको आवश्यकता पर्दछ। मोटरलाई star mode मा संचालन गर्दा लाइन भोल्टेज $\sqrt{3}$ प्रति फेजको दरले भोल्टेज बढ्न पुग्दछ। Delta mode मा मोटरको output एक तिहाईमा झर्न पुग्दछ तर performance characteristic र भार परिवर्तन हुँदैन। त्यसकारण star mode मा Full Load मा मोटर संचालन गर्दा delta mode मा आंशिक भार संचालन गरेको भन्दा

अधिक दक्षता र पावर फ्याक्टर प्राप्त हुन्छ। यद्यपि torque to speed requirement संगै भार घट्ने अनुप्रयोग (application) मा मात्र star mode मा मोटर संचालन संभव हुन्छ।

४.३.१.५ इन्डक्सन मोटरको गति नियन्त्रण

इन्डक्सन मोटर एउटा asynchronous मोटर हो जसमा frequency परिवर्तन गरेर गतिमा विविधता ल्याउन सकिन्छ। अरु माध्यमहरू जस्तै: Input भोल्टेज परिवर्तन गरेर, रोटर सर्किटको resistance परिवर्तन गरेर, multi speed windings को प्रयोग, मेशिनरी पाटपुर्जाहरू जस्तै: गियर र घिर्नीहरू प्रयोग, eddy current वा fluid couplings को प्रयोग अथवा rotatory वा static भोल्टेज र frequency convertor प्रयोग गरेर पनि गतिमा विविधता ल्याउन सकिन्छ। आवश्यक गति नियन्त्रण रणनीति अपनाउनु भन्दा अगाडि मोटरको लागत मूल्य, भार चक्र, गति नियन्त्रणको दायरा, मर्मत-सम्भार, विश्वस्तता (reliability) र विशेष नियन्त्रणको लागि आवश्यक कुराहरू बारे बिचार गरिनु पर्दछ।

भार (load) का विशेषताहरू विशेषतः महत्वपूर्ण हुन्छन्। भार भन्नाले torque output र तदानुरूपको गति भन्ने बुझिन्छ र यसलाई constant torque, variable torque र constant power मा बर्गिकरण गर्न सकिन्छ। Constant torque loads ती हुन जसमा output power requirements गति (speed) संगै परिवर्तन हुन सक्छ तर conveyor, rotatory kiln र constant displacement pump हरूमा जस्तो torque परिवर्तन हुँदैन। Variable torque loads ती हुन् जसमा centrifugal पम्प र पंखाको जस्तै torque requirements मोटरको गतिसंगै परिवर्तन हुन्छ। Constant power loads ती हुन् जसमा torque requirements विशेषतः गति बढ्दा घट्दछ र गति घट्दा बढ्दछ। मेशिनरी औजारहरू constant power loads का सामान्य उदाहरण हुन्।

Variable torque अनुप्रयोग (application) संगै variable speed drives को प्रयोग गरेर धेरै विद्युत बचत गर्न सकिन्छ।

४.४ बत्ती (lighting) को कार्यक्षमतामा सुधार

Lighting system मा निम्न माध्यमहरूद्वारा ऊर्जा बचत प्राप्त गर्न सकिन्छ:

- Lighting Control हरूको प्रयोग गरेर;
- दिनको उज्यालोको उच्चतम प्रयोग गरेर;
- Exclusive transformer वा lighting voltage controller जडान गरेर;
- Conventional ballasts को स्थानमा high frequency electronic ballasts जडान गरेर;
- T-8/T-5 FTLs द्वारा T-12 FTLs लाई प्रतिस्थापन गरेर;
- परम्परागत बत्तीको स्थानमा ऊर्जा दक्ष LED बत्तीहरूको जडान गरेर।

४.५ कम्प्रेस्ड हावा प्रणाली (compressed air system) मा हुन सक्ने अवसरहरू

व्यावसायिक क्षेत्रमा कम्प्रेस गरिएको हावा ऊर्जाको महँगो श्रोत मध्येको एक हो। सामान्यतया लागत (input) विद्युतीय ऊर्जाको १० देखि २० प्रतिशत मात्र प्रयोग हुने स्थान (end use) सम्म पुग्दछ। बाँकी

रहेको ऊर्जा अनावश्यक तापमा परिवर्तन भएर वा चुहावट भएर खेर जान्छ। यसकारण यदि कम्प्रेस गरिएको हावा प्रयोग गरिएमा यसलाई निरन्तर रूपमा निरिक्षण गरिनुका साथै अन्य विकल्पहरूसंग तुलना गरिनु पर्दछ।

कारखाना संचालनको लागि कम्प्रेसरहरू आवश्यक हुने भए तापनि तिनिहरूमा कुनै किसिमको खराबी नआउँदासम्म वा हावाको बढ्दो माग पुर्याउन कम्प्रेसर असफल नहुँदासम्म तिनलाई प्रायजसो बेवास्ता गरिन्छ। Compressor को अपर्याप्त मर्मतसम्भारका कारणले compression efficiency मा हास ल्याउँछ, हावा चुहावट वा pressure variability बढाउँछ, संचालन तापक्रम (operating temperature) बढाउँछ, आर्द्रता नियन्त्रण शक्ति घटाउँछ र अत्याधिक दुषित हुन जान्छ। उचित मर्मत-सम्भार गर्नाले माथि उल्लेखित समस्याहरू घट्न गई ऊर्जा बचत हुन्छ। विस्तृत कम्प्रेसर कार्य क्षमता (compressor performance) को गणना विवरण (calculation) Annex 8 मा दिइएको छ। ऊर्जाको बचत निम्न तरिकाहरूबाट प्राप्त गर्न सकिन्छ:

४.५.१ चिसो हावा भित्र्याउने (cool air intake)

Intake air temperature 4°C बढ्दा समान स्थिति (identical condition) मा रहेको उक्तकै आयतन (same volume) को हावालाई कम्प्रेस गर्न १% बढी ऊर्जाको खपत हुन जान्छ। यसले भित्र आउने हावा (intake air) जति चिसो भयो उति कम्प्रेसन दक्षता प्राप्त हुन्छ भन्ने जनाउँछ।

४.५.२ धुलोमुक्त हावा भित्र्याउने (Dust free air intake)

कम्प्रेसरमा intake air filter जडान गर्नु पर्दछ वा कम्प्रेसरको मर्मतसम्भार न्यूनिकरण गर्नको लागि स्वच्छ र चिसो स्थानबाट आएको हावा प्रयोग गरिनु पर्दछ। बारम्बारको सफाई र प्रतिस्थापन (replacement) बाट जोगिन हावा फिल्टर (air filter) हरू उच्च धुलो छान्ने क्षमता, कम चाप (Pressure) गिरावट र बलियो डिजाइनको हुनु पर्दछ। Thumb rule अनुसार choked filters आदिको कारणले प्रत्येक २५० mm WC सक्सन मार्गमा चाप गिरावट हुँदा कम्प्रेसरले समान परिमाणको कार्य गर्दा लगभग २ प्रतिशतले ऊर्जा खपत बढ्दछ।

४.५.३ सुख्खा हावा भित्र्याउने (dry air intake)

भित्रिने हावा जति सुख्खा हुन्छ कम्प्रेसन दक्षता त्यति नै बढी हुन्छ। भित्रिने हावामा भएको आर्द्रताले कम्प्रेसरका पाटपुर्जाहरू जस्तै: भल्भहरू र पिस्टन रिङ्गहरूको कार्यदक्षता (performance) र कम्प्रेसरको ऊर्जा कार्यदक्षतालाई बिगार्ने गर्दछ।

४.५.४ वितरण चाप (delivery pressure) घटाउने

कम्प्रेसरले खपत गर्ने ऊर्जाको संचालन चाप (operating pressure) र तय गरिएको क्षमता (rated capacity) संग सिधा सम्बन्ध हुन्छ। समान परिमाणको हावा कम्प्रेस गर्न संचालन चाप जति बढी भयो त्यति नै बढी ऊर्जा आवश्यक हुन्छ। त्यस्तै चलायमान भागहरू (moving parts) मा बढी यान्त्रिक भार (mechanical load) पर्नाले तिनिहरू अत्याधिक खिड्न्छ र बढी ऊर्जा खेर जान्छ। कम्प्रेसरमा १ bar ले वितरण चाप (delivery pressure) घटेमा ऊर्जा खपतमा ६ देखि १०% ले कमि आउँदछ।

४.५.५ संकुचित हावा (compressed air) को दुरुपयोगमा कमि ल्याउने

संकुचित हावाबाट शरिर सफा गर्न, तरल खल्वल्याउन (agitation), भुईँ सफा गर्न, सुख्खा गर्न, उपकरणहरू चिस्याउनमा तथा यस्तै अन्य प्रकारका प्रयोगहरू निरुत्साहित गरिनु पर्दछ। सम्भव भएसम्म, blower बाट कम चापको हावा दिई संकुचित हावाको विकल्पको रूपमा प्रयोग गरिनु पर्दछ, उदाहरणको लागि प्रज्वलन (combustion) को लागि secondary air को प्रयोग।

४.५.६ हावा चुहावट (air leakage) बन्द गर्ने

संकुचित हावाको चुहावट सबैभन्दा व्यापक ऊर्जा खेर जाने कारण हो। संकुचित हावाको ४०% सम्म र सोभन्दा बढीको चुहावट धेरै सामान्य मानिन्छ। चुहावट प्रायजसो air receivers, relief valve, pipes hose joints, shut off valves, quick release couplings जस्ता औजारहरू र उपकरणहरूमा हुने गर्दछ। प्रायशः राम्रोसंग नगरिएको मर्मत सम्भार र भूमिगत लाइनहरूको अनउपयुक्त जडान चुहावटका कारक हुन्।

४.५.७ ताप पुनर्लाभ (Heat Recovery)

Air compressor ले उपभोग गर्ने लगभग ८०-९३ प्रतिशत विद्युतीय ऊर्जा तापमा परिणत हुन्छ। धेरैजसो उचित तवरले डिजाइन गरिएको ताप पुनर्लाभ इकाईले उपलब्ध तापीय ऊर्जाको ५०-९० प्रतिशतसम्म पुनर्लाभ गर्न सकिन्छ र त्यसलाई हावा वा पानी तताउनको लागि प्रयोग गर्न सकिन्छ।

पुनर्लाभ भएको तापको सामान्य प्रयोगहरूमा space heating, industrial process heating, पानी तताउने, make up air heating, र boiler make up water preheating पर्दछन्। यद्यपि कम्प्रेस्ड हावा प्रणालीबाट पुनर्लाभ गरिएको ताप सामान्यतया बाष्प उत्पादनमा सिधै प्रयोग गर्नको लागि चाहिएको जति तातो हुँदैन।

४.६ बोइलर र बाष्प (Boiler and Steam) प्रणालीमा अवसरहरू

कम प्रज्वलनशीलता (poor combustion), ताप स्थानान्तरणमा कमजोरी (heat transfer fouling) तथा राम्रोसंग नगरिएको मर्मत सम्भारका कारण बोइलरको कार्यक्षमता जस्तै: दक्षता र बाष्पीकरण अनुपात (evaporation ratio) समयक्रमसंगै घट्दै जान्छ। गुणस्तरहीन इन्धन र पानीको प्रयोगले पनि बोइलरको कार्यक्षमतामा हास ल्याउँछ। दक्षता परिक्षण गर्नाले निर्धारित दक्षता (rated efficiency)मा कति मात्राले बोइलरको कार्यक्षमतामा कमि आएको छ भनेर पत्ता लगाउन मद्दत गर्दछ। त्यसकारण अवलोकन गरिएको असामान्य विचलन (abnormal deviations) लाई अनुसन्धान गरी समस्याग्रस्त क्षेत्र पत्ता लगाई आवश्यक सुधारात्मक कार्य गर्न सकिन्छ। तसर्थ बोइलरको कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि विद्यमान दक्षता (efficiency) को स्तर पत्ता लगाउन आवश्यक छ जुन व्यावसायिक क्षेत्रमा ऊर्जा खपत कार्यको लागि पूर्वशर्त हो।

सामान्यतया दक्षता मापनका दुई विधिहरू छन् जुन तल दिइएका छन्:

क) प्रत्यक्ष विधि (Direct Method): जसमा working fluid (पानी र बाष्प) को ऊर्जा लाभ (energy gain) लाई बोइलरको इन्धनको ऊर्जाको मात्रा (energy content) संग तुलना गरिन्छ।

ख) अप्रत्यक्ष विधि (Indirect Method): जसमा चुहावट (losses) र ऊर्जा लागत (energy input) बीचको फरक नै दक्षता हुन्छ।

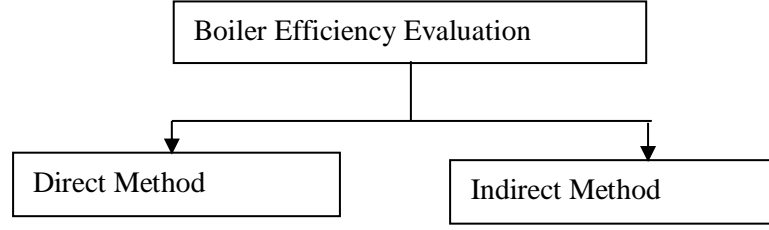


Figure 4.1: Boiler Efficiency Calculation Methods

नोट: बोइलर दक्षता गणनाको लागि प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिहरूको विवरण Annex 6 (a) र (b) मा दिइएको छ।

- बोइलरको कार्यक्षमता मुल्यांकनको लागि तथ्यांक संकलन ढाँचा Annex 6 (d) मा दिइएको छ।
- बोइलर र बोइलर भवनको योजनाबद्ध रेखाचित्र Annex 6 (f) मा दिइएको छ।
- सतहको ताप चुहावट गणनाको लागि विस्तृत गणना पाना Annex 7 मा दिइएको छ।

४.७ बोइलरमा FD र ID पंखाका फायदाहरू

क) FD (Forced Draft) पंखा

- FD पंखाले भट्टी (furnace) मा आवश्यक परिमाणको तातो हावा उपलब्ध गराई इन्धनको सहज र एकैनासको प्रज्वलन (smooth and uniform combustion) गराउनुका साथै इन्धन प्रज्वलनको लागि secondary air पनि उपलब्ध गराउँछ।
- FD पंखाले प्रणाली अर्थात् भट्टीभित्र सकारात्मक चाप (positive pressure) उत्पन्न गर्दछ।
- ID पंखा चलन शुरू भएपछि मात्र FD पंखा चलाउनु पर्दछ।

ख) ID (Induced Draft) पंखा

- ID पंखाले धुवाँ अर्थात् तातो हावा व्यवस्थापन गर्दछ।
- ID पंखाले फर्नेसबाट dust collector वा electrostatic precipitator को माध्यमबाट तातो धुवाँ लिन्छ र उक्त तातो धुवाँलाई चिमनी वा Stack मा पुर्याउँदछ।
- ID पंखाले प्रणाली अर्थात् भट्टीमा नकारात्मक चाप (negative pressure: वातावरणीय चाप भन्दा कम चाप) उत्पन्न गरी भट्टीबाट धुवाँ हटाउँदछ।

४.८ रेफ्रिजेरेसन र वातानुकूलन प्रणाली

स्थान, वस्तु वा प्रणालीको तापक्रमलाई घटाएर वा कम गरेर वरपरको तापक्रम भन्दा कम कायम गर्ने प्रक्रिया नै रेफ्रिजेरेसन हो। यस प्रकृत्यामा ताप कम तापक्रम भएको स्थानबाट बढी तापक्रम भएको

स्थानमा फ्याकिन्छ। अर्को शब्दमा रेफ्रिजेरेसन भनेको अप्राकृतिक (मानव निर्मित) चिस्याउने प्रक्रिया हो।

वातानुकुलनलाई रेफ्रिजेरेसन जस्तै मान्न सकिन्छ जसमा भवन/स्थानको तापक्रम, आर्द्रता र हावाको गुणस्तर चाहिएको वा इच्छित अवस्थामा स्थिर गराउन सकिन्छ। यसको लागि प्रणालीहरूले ताप र ओसिलोपना हावाको भित्र वा बाहिर स्थानान्तरण गर्नु आवश्यक हुन्छ र हावामा हुने प्रदुषकहरूको मात्रालाई सिधै हटाएर वा स्वीकार्य स्तरसम्म पातलो बनाएर नियन्त्रण गर्दछ।

दुबै अवस्थाहरूमा ताप स्थानान्तरणको कार्य परम्परागत रूपमा यान्त्रिक माध्यमबाट हुन्छ तर तापीय, चुम्बकीय, विद्युतीय, लेजर र अन्य माध्यमबाट पनि ताप स्थानान्तरण गर्न सकिन्छ। रेफ्रिजेरेसनको प्रयोग घरायसी रेफ्रिजेरेटर, व्यावसायिक फ्रिजर, क्रायोजेनिक्स र वातानुकुलनमा मात्र सिमित नभएर अन्य धेरै अनुप्रयोगहरू छन्। Heat pump हरूले रेफ्रिजेरेसन प्रक्रियाबाट बाहिरिने ताप प्रयोग गर्न सक्दछन् र यस अवस्थामा रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलन इकाईहरूको काम गर्ने प्रकृया समान हुन्छन्। तर heat pump लाई reversible system मा समेत डिजाइन गर्न सकिन्छ। HVAC कार्य क्षमता गणनाको विवरण Annex 9 मा र कुलिङ टावरको कार्य क्षमता गणनाको विवरण Annex 12 मा दिइएको छ। रेफ्रिजेरेसन र वातानुकुलनलाई मोटामोटी रूपमा दुई किसिममा वर्गिकरण गर्न सकिन्छ:

४.८.१ भेपोर कम्प्रेसन (vapour compression) प्रकार

प्राकृतिक अवस्थामा ताप तातो वस्तुबाट चिसो वस्तुमा बग्दछ। तर रेफ्रिजेरेसन प्रणालीमा यसको विपरित हुन्छ अर्थात ताप चिसोबाट तातो वस्तुमा सर्दछ। यस प्रणालीमा रेफ्रिजेरेन्ट प्रयोग गरिन्छ जसले तापलाई सोस्छ र कम चापमा उम्लिन्छ अनि वाष्पमा परिणत हुन्छ।

रेफ्रिजेरेसन प्रणालीको कार्य पद्धति तल देखाइएको छ र निम्न चरणहरूमा विच्छेद गर्न सकिन्छ।

1 - 2 इभेपोरेटरमा रहेको कम चापको तरल रेफ्रिजेरेन्टले वरपरबाट, प्रायजसो हावा, पानी वा अन्य केही प्रक्रियारत तरलहरूबाट ताप सोस्दछ। यस प्रक्रियाको दौरान यो तरल अवस्थाबाट ग्यासमा परिवर्तन हुन्छ र इभेपोरेटरबाट बाहिरिँदा यो केही मात्रामा superheated अवस्थामा हुन्छ।

2 - 3 Superheated vapour कम्प्रेसरमा प्रवेश गर्दछ जहाँ यसको चाप बढ्न जान्छ। त्यहाँ तापक्रममा पनि ठूलो मात्रामा बृद्धि हुन्छ किनकि कम्प्रेसन प्रक्रियामा खपत भएको ऊर्जाको मात्रा रेफ्रिजेरेन्टमा स्थानान्तरण हुन्छ।

3 - 4 उक्त उच्च चापको superheated vapour कम्प्रेसरबाट कन्डेन्सरमा जान्छ। चिस्याउने प्रक्रियाको शुरुवात (3-3a) मा उक्त ग्यासलाई तरलमा (saturated liquid) मा परिवर्तन (3a - 3b) गर्नु अघि saturated vapour मा परिवर्तन हुन्छ। यस प्रक्रियाको लागि चिस्याउने काममा हावा वा पानीको प्रयोग गरिन्छ। तरल पुग्ने स्थान र पाइप कार्यमा (3b - 4) अझै केही तापक्रम न्यून हुन जान्छ जसकारण उक्त तरल रेफ्रिजेरेन्ट expansion device मा प्रवेश गर्दा थप चिसो हुन्छ।

4 - 1 उक्त उच्च चापको थप चिस्याइएको तरल expansion device भएर जान्छ जसले यसको चाप घटाउने र इभेपोरेटरमा पुग्दा बहाव (flow) नियन्त्रण गर्ने दुबै काम गर्दछ।

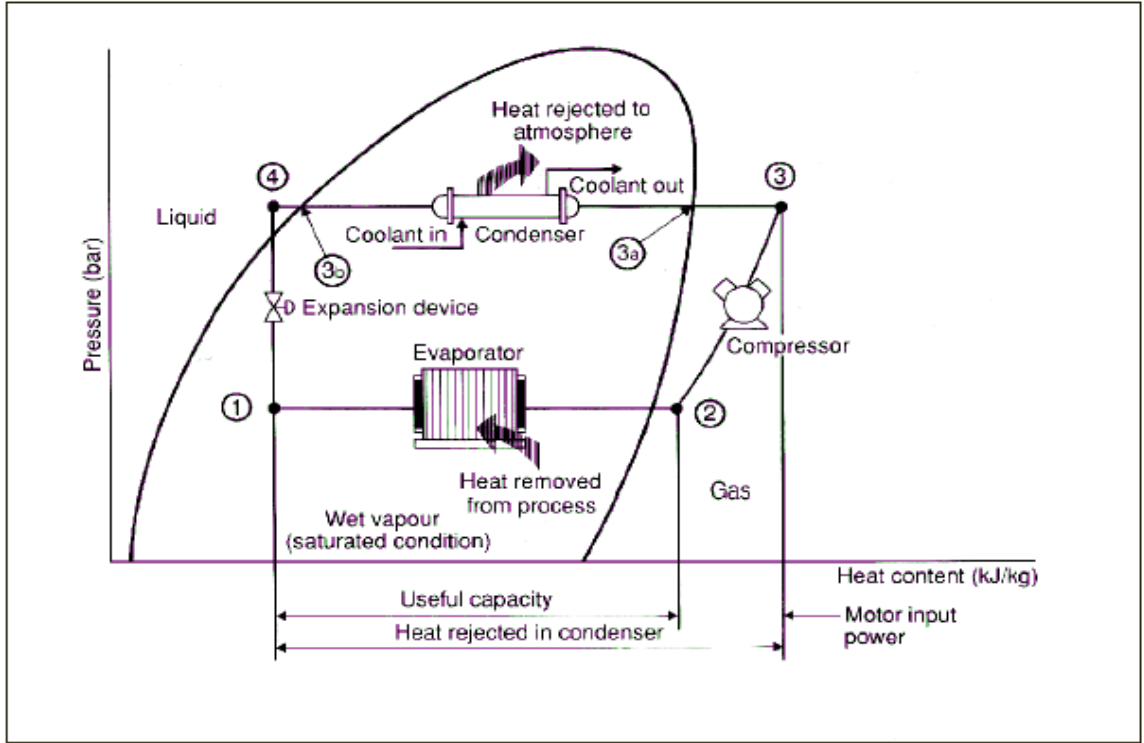


Figure 4.2: Schematic Diagram of a Basic Vapour Compression Refrigeration System

Source: Energy Efficiency in Electrical Utilities, BEE.

इभेपोरेटर र कम्प्रेसरको combined input heat अस्वीकार गर्न सक्ने क्षमताको कन्डेन्सर हुनु पर्दछ। expansion device मा ताप चुहावट र बृद्धि हुँदैन।

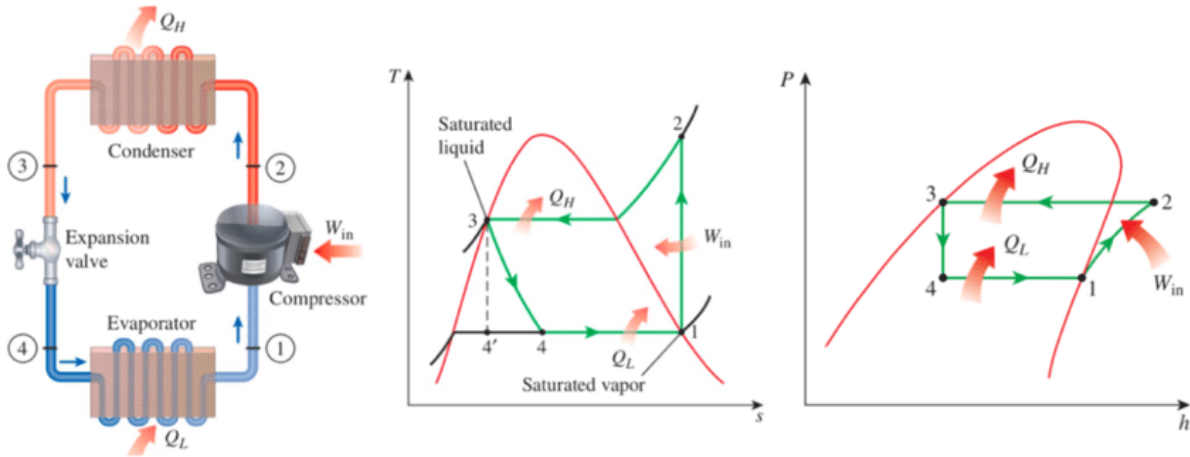


Figure 4.3: T-s and P-h diagram of refrigeration cycle

Source: Energy Efficiency in Electrical Utilities, BEE.

४.८.२ Vapour absorption प्रकार

Vapour absorption को रेफ्रिजेरेसनमा चिस्याउने काम वाष्प, तातो पानी, ग्यास, तेल आदिको तापको प्रयोगले प्राप्त गरिन्छ। न्यून तापक्रममा रहेको तरल (रेफ्रिजेरेन्ट) वाष्पमा परिणत हुन्छ र वाष्पमा परिणत हुँदा आफ्नो वरपरको ताप खिँच्ने गर्छ र चिसो उत्पादन हुन्छ। शुद्ध पानीलाई रेफ्रिजेरेन्टको रूपमा र

लिथियम ब्रोमाइडको घोल (solution) लाई शोषक (absorbent) को रूपमा प्रयोग गरिन्छ। Vapour absorption रेफ्रिजेरेसन प्रणालीको लागि चाहिने ताप प्रक्रियाबाट खेर गएको ताप खिँचेर र डिजेल जेनेरेटर सेट आदिबाट उपलब्ध गराउन सकिन्छ। Absorption प्रणालीमा पम्प संचालन गर्न मात्र विद्युत आवश्यक पर्दछ। आवश्यक तापक्रम र ऊर्जा लागत अनुसार, absorption प्रणाली संचालन गर्नको लागि बाष्प वा ताप उत्पन्न गर्नु नै मितव्ययी हुनसक्छ (APO 2010)। बाष्प अवशोषण (vapour absorption) रेफ्रिजेरेसनको Schematic तलको चित्रमा दिइएको छः

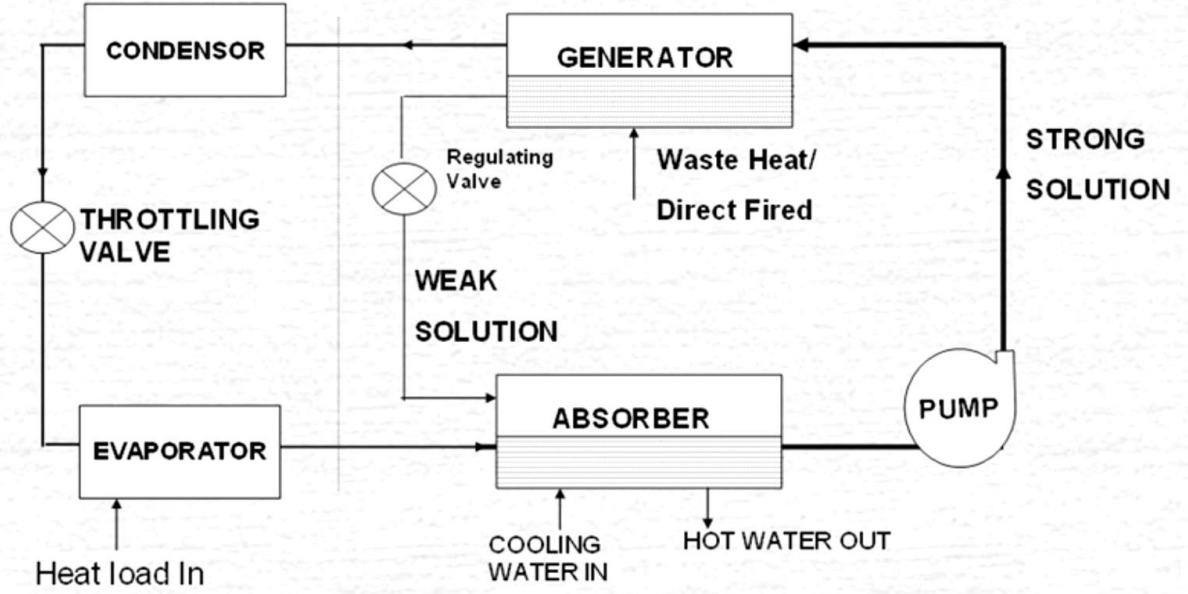


Figure 4.4: Schematic of a Basic Vapour absorption Refrigeration System

Source: Training Manual on Energy Efficiency for Small and Medium Enterprises, APO.

ऊर्जा बचत विधिहरूः

क) प्रोसेस हिट एक्सचेन्जर र इभेपोरेटरहरूलाई उचित आकारको बनाउने

रेफ्रिजेरेसन र वातानुकूलन प्रणालीमा भार न्यूनिकरण गर्नको लागि प्रोसेस ताप एक्सचेन्जरको ताप स्थानान्तरण क्षेत्रलाई उचित आकार दिनुका साथै आवश्यक तापक्रमको अनुकूलन गर्नु आवश्यक हुन्छ। इभेपोरेटरमा १ डिग्री सेलसियस तापक्रम बढ्दा लगभग ३% सम्म ऊर्जा खपतमा बचत हुन सक्दछ।

ख) हिट एक्सचेन्जरहरूको मर्मतसम्भार

डिजाइन सिमाभित्र ऊर्जा खपत कायम राख्नको लागि ताप एक्सचेन्जर सतहहरू सफा राख्नु धेरै महत्वपूर्ण हुन्छ। यदि कन्डेन्सर दुषित भएमा कम्प्रेसरलाई कन्डेन्सिङको लागि चाहिने तापक्रममा बृद्धि हुन जान्छ जसकारण इच्छित क्षमता प्राप्त गर्न कम्प्रेसरले बढी काम गर्नुपर्ने हुन्छ। यसैगरी बिग्रिएको इभेपोरेटर प्रयोग गर्दा पनि ऊर्जा खपतमा बृद्धि हुन्छ।

ग) बहुतह (multilevel) को रेफ्रिजेरेसन

तापक्रमको दायरा र आवश्यक रेफ्रिजेरेसनको तह रेफ्रिजेरेसन प्रणाली छनौट गर्नुमा एक महत्वपूर्ण निर्णायक कारण हुन्छ। आवश्यक तापक्रम दायरा धेरै फराकिला भएका अनुप्रयोगहरूमा बहुतह भएको

रेफ्रिजेरेसन प्रणालीको प्रयोग बढी मितव्ययी हुन्छ। व्यवसायीक क्षेत्रहरूले भार पुन्याउन केन्द्रस्थान (central location) मा कम्प्रेसर बैङ्कहरू राखेर प्रयोग गर्दछन्।

घ) चिस्याइएको पानी (chilled water) को भण्डारण

तापक्रममा थोरै विविधता स्वीकार्य हुने अनुप्रयोगहरूमा इन्सुलेसन भएको चिस्याइएको पानी भण्डारण सुविधा उपलब्ध हुनु मितव्ययी हुन्छ। उक्त भण्डारण पुरा भरेर राखेमा प्रक्रियाको आवश्यकता (process requirement) प्राप्त गर्न सकिन्छ, जसकारण चिस्याउने यन्त्रहरू निरन्तर संचालन गरिरहनु पर्दैन। कम विद्युत माग भएको समयमा chillers संचालन गर्दा peak demand charge घट्नु नै यस प्रणालीको थप फायदा हो। भण्डारण सुविधाको प्रयोगले केही विद्युतीय उपभोगकर्ताले रातीको समयको लागि प्रस्ताव गरेको न्यून विद्युत महशुलको फायदा पनि यसबाट लिन सक्दछ। रातको समयमा न्यून ambient तापक्रमले कन्डेन्सरको तापक्रम घटाउँछ जुन एउटा थप फायदा हो र यसबाट दक्षतामा बृद्धि हुन्छ।

ङ) इन्सुलेसन

चिसो सतहबाट तापको बहन (heat flow) कम गर्न इन्सुलेसन प्रयोग गरिन्छ। Cold lines, हिट एक्सचेन्जरहरूमा आर्थिक रूपमा मितव्ययी इन्सुलेसन मोटाइको प्रयोग गरी प्राप्त हुने तापको लागत मूल्य नै लागत प्रभावी विधि (cost effective measure) हो भन्ने मान्यता राखी ऊर्जा बचत प्राप्त गर्न सकिन्छ। छानामा कोटिङ गर्ने/ चिस्याउने प्रणाली जडान गर्ने र मिलेमा फल्स सिलिङ राख्ने कार्य गरेर पनि रेफ्रिजेरेसन भार कम गर्न सकिन्छ।

च) Variable Speed Drive को प्रयोग

Constant-speed reciprocating कम्प्रेसरले सिलिन्डरमा लोड र अनलोड गरेर भारसंग क्षमता मिलाउँछ। यद्यपि यो चिस्याउने यन्त्रको क्षमता नियमित गर्ने दक्ष तरिका होइन। दिइएको दायरामा variable speed drive ले उल्लेख्य मात्रामा ऊर्जा बचत गराउँछ।

छ) चिस्याउने भार (cooling loads) घटाउने वा अनुकूलन (optimize) गर्ने

रेफ्रिजेरेसन प्लान्ट चलाउन लाग्ने चालु लागतमा चिस्याउने भारको अनुकूलनको महत्व धेरै हुन्छ। यदि चिस्याउने भार आवश्यक भन्दा बढी भएमा अझै बढी चिसो चाहिन्छ। अन्ततः यसले ऊर्जा खपत बढाउँदछ र संचालन खर्चमा समेत बृद्धि गर्दछ।

ज) सामान्य उपायहरू

- FRP इम्पेलर र film fill, PVC drift eliminator आदि संगै चिस्याउने टावरको प्रयोग गर्ने;
- Indirect heat exchanger द्वारा ताजा हावालाई pre-cool गर्नको लागि air to air heat exchanger जस्ता ऊर्जा दक्ष ताप पुनर्लाभ उपकरणहरू अपनाउने; चिस्याउने प्रक्रिया पछि duct हिटर प्रयोग गर्नुको सट्टा indirect heat exchanger द्वारा सापेक्षित आर्द्रता नियन्त्रण गर्ने;

- Variable air volume प्रणालीहरू अपनाउने, ताप परावर्तनको लागि sun film अनुप्रयोग अपनाउने, वातानुकूलन क्षेत्रमा प्रकाशको भार अनुकूलन गर्ने, वातानुकूलन क्षेत्रमा पटक पटक हावा परिवर्तन गर्ने यस्ता केही उदाहरणहरू हुन्।
- खुला चिस्याउने श्रोतहरू जस्तै: Atmospheric कुलिङ टावरमा प्रयोग गर्ने कन्डेन्सरको पानी प्रदुषित हुन नदिन पानी प्रशोधन गर्नु आवश्यक हुन्छ। खिया लाग्ने अवस्थाहरू जस्तै: नलीबाट तिब्र गतिमा बग्दै गरेको बालुवाले नलीमा प्वाल पार्न सक्दछ जसले नलीको कार्यक्षमतामा हास ल्याई दिन्छ। अप्रशोधित पानीले नली, पाइपहरू र अन्य औजारहरूमा क्षति पुर्याउन सक्छ।
- कुनैपनि चिस्याउने यन्त्रले दिन सक्ने चिस्यानको मात्रा त्यसले कम्प्रेसरबाट कति रेफ्रिजेरेन्ट प्रति समय (second, minutes or hours) बहन गर्न सक्छ भन्ने कुरामा निर्भर हुन्छ। रेफ्रिजेरेन्टको उचित मात्रा (level) कायम राख्नु महत्वपूर्ण हुन्छ। चुहावटका साथै हावा र ओसिलोपनाले दक्षता र प्रणालीको विश्वसनियता घटाउँदछ। धेरैजसो चुहावटको कारणबाट कम रेफ्रिजेरेन्ट खपत हुन्छ जसकारण कम मात्र चिसोपना प्राप्त हुन्छ र कम्प्रेसरलाई बढी काम गर्नुपर्ने हुन्छ।
- सबै वातानुकूलन प्लान्ट घटकहरू (components) को निर्माणकर्ताहरूको निर्देशिका अनुसार नियमित मर्मत-सम्भारको सुनिश्चितता गर्ने;
- पर्याप्त परिमाणमा चिस्याइएको पानी र चिस्याउने पानीको बहावको सुनिश्चितता गर्ने, निष्क्रिय उपकरणहरूको भल्भ बन्द गरेर उपमार्गहरू (bypass) बाट बग्न नदिने;
- लाइनमा भार र कारखानाको क्षमतामा समानता ल्याउन आंशिक भार संचालन न्यून गर्ने, परिवर्तन भईरहने भार प्रकृयाको लागि variable speed drives अपनाउने;
- निश्चित ऊर्जा खपत न्यूनिकरण गर्न र क्षमता अधिकतम रूपमा वृद्धि गर्नको लागि निरन्तर कन्डेन्सर र इभेपोरेटरको प्यारामिटर अनुकूलन गर्ने।

४.९ पंखा र हावा फ्याँक्ने औजार (blower) मा अवसरहरू

पंखा हावा र अन्य ग्यासहरू चलाउने यान्त्रिक उपकरण हो। यसले impeller को गतिजन्य ऊर्जा प्रयोग गरेर हावा/ग्यासको बहावको चाप बढाउँछ जसले यिनीहरूलाई कुनै प्रणालीका नली, damper र अन्य घटकहरू (components) को प्रतिरोधका विरुद्ध चल्यमान बनाउँछ। पंखाको कार्यक्षमताको गणना विवरण Annex 11 मा दिइएको छ।

४.९.१ पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र कम्प्रेसरका बीच भिन्नता

हावा फ्याँक्ने विधि र विरुद्ध चाप प्रणाली (against the system pressure) को आधारमा पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र कम्प्रेस बीच भिन्नता छुट्याइन्छ। American Society of Mechanical Engineers (ASME) अनुसार विशेष अनुपात (specific ratio) का आधारमा पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र कम्प्रेसर बीच भिन्नता छुट्याइन्छ। फ्याँक्ने (discharge) चाप र तान्ने (suction) चापको अनुपातलाई विशेष अनुपात भनिन्छ। जस अनुसार पंखाले 1136 mmWg सम्मको चाप वृद्धि गर्दछ, हावा फ्याँक्ने औजारले 1136 देखि 2066 mmWg सम्म र कम्प्रेसरले सोभन्दा बढी चाप वृद्धि गर्दछ। तिनिहरूको विशिष्ट अनुपात र चाप वृद्धिको भिन्नता तलको तालिकामा दिइएको छ:

Table 4.1: Difference between Fans and Blowers

उपकरण	विशिष्ट अनुपात	चाप बृद्धि (mmWg)
Fans	Up to 1.11	1136
Blowers	1.11 to 1.20	1136-2066
Compressors	More than 1.20	More than 2066

ऊर्जा बचतका विधिहरू:

- Working Pressure न्यून गर्ने;
- हावाको चुहावट घटाउने र हावाको आयतन अनुकूलन गर्ने;
- कुलिड टावर/ Humidification प्लान्टहरूमा FRP पंखाको प्रयोग गर्ने;
- पंखा/हावा फ्याँक्ने औजारहरू उचित आकारको राख्ने;
- बहाव मिलाउन Variable Frequency Drives (VFDs) को प्रयोग गर्ने;
- उच्च दक्षताका पेटीहरू (cogged belts) प्रयोग गर्ने;
- प्रणालीको प्रतिरोध न्यून गर्ने।

४.१० पम्प प्रणालीमा अवसरहरू

यस ऊर्जा परिक्षणको क्रममा गरिएको अध्ययन अनुसार व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा प्रयोग हुने पम्पहरूको औषत पम्पिङ दक्षता ४०% भन्दा कम देखियो। चाहिने भन्दा ठूलो आकारको पम्प र throttle भल्भको प्रयोग दक्षता गिरावटका दुई मुख्य कारकका रूपमा पहिचान गरिएका छन्। उपकरण वा नियन्त्रण प्रणाली परिवर्तन गरेर पम्पिङ प्रणालीहरूमा ३० देखि ५०% सम्म ऊर्जा बचत प्राप्त गर्न सकिन्छ। पम्पको कार्यक्षमताको गणना विवरण Annex 10 मा दिइएको छ। अदक्षताका केही कारणहरू र सुधारका उपायहरू तल दिइएका छन्:

Table 4.2: Potential causes of inefficiency and measures for improvement in Pumping System

अदक्षताका कारणहरू	सुधारका उपायहरू
Unnecessary demand on pumping system	Reduce demand on system
Oversized pumps	Select pump that operates near to BEP Change impeller Trim impeller Fit multiple-speed pump Use multiple-pump arrangements Fit lower speed pump/motor
Pump wear	Pump maintenance

Less efficient impeller	Change impeller
Inefficient pump throttling controls	As for oversized pumps Fit adjustable or variable-speed drive
Inefficient pump	Change pump
Inefficient piping configuration	Change piping inefficiencies
Oversized motor	Change motor
Inefficient motor	Change to high-efficiency motor

४.११ प्रक्रिया र ताप पुनर्लाभमा अवसरहरू

क) Blow down बाष्प पुनर्लाभ

बोइलर blow down बाष्प प्रणालीको पानीको उचित गुणस्तर कायम राख्नको लागि महत्वपूर्ण हुन्छ। यद्यपि अन्य फायदाजनक प्रयोगका लागि बाष्पलाई पुनर्लाभ नगरिएमा blow down मा उल्लेख्य ताप चुहावट हुन सक्दछ। Blow down बाष्प सामान्यतया न्यूनस्तरको हुन्छ तापनि space heating र feed water preheating लागि प्रयोग गर्न सकिन्छ। ऊर्जा बचतका साथसाथै blow down बाष्प पुनर्लाभले बाष्प प्रणालीको पाइपिङ (steam system piping) मा क्षय हुने सम्भावनालाई पनि घटाउन सक्दछ।

ख) बोइलरमा जाने पानीलाई पहिले नै तताउने (pre-heat)

सम्भव भएमा flue gas को नलीमा इकोनोमाइजर अनुप्रयोग गरेर बोइलरमा पठाउने पानीलाई पहिले नै तताउँदा सबैभन्दा बढी इन्धन बचत गर्न सकिन्छ किनकि यसले बोइलरमा पठाउने पानीलाई झण्डै बाष्पको संतृप्ति (saturated) तापक्रमसम्म तताउन सक्दछ। इकोनोमाइजर एउटा pressure vessel हो। धुवाँबाट खेर जाने ताप पुनर्लाभ गरेर इन्धन बचत गर्ने एउटा न्यून कोटिको सस्तो विकल्प non pressurized feed water heater हो जसले तताउनु पर्ने पानीलाई पहिले नै १००°C सम्म मात्र तताउँछ। बोइलरमा पठाउने पानीको हरेक ६°C तापक्रम बृद्धिले लगभग १% इन्धन बचत गराउँछ।

ग) प्रज्वलन हावा (combustion air) लाई पहिले नै तताउने (pre-heat)

प्रज्वलन हावाको preheating बोइलरमा पठाउने पानी तताउने एउटा विकल्प हो। पानी तताउनको लागि अन्य कुनै संभावना नभएको अवस्थामा र stack ग्यासहरूमा अझै tap गर्न सकिने सम्भावित waste heat रहेमा यो तरिका अपनाउन सकिन्छ। Shell, tube, rotary regenerative type air pre-heaters र regenerative burner हरू खेर जाने ताप पुनर्लाभ गर्नको लागि अपनाउन सकिने केही विकल्पहरू हुन्।

ताप पुनर्लाभको लागि flue gas को प्रत्येक २२ डिग्री सेल्सियस तापक्रम घट्टा लगभग १% ऊर्जा बचत गर्न सकिन्छ।

परिच्छेद ५: ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनको तयारी

प्रतिवेदन तयारी ऊर्जा परिक्षणको एक अत्यन्त महत्वपूर्ण चरण हो। प्रतिवेदन प्रयोग गर्ने विभिन्न सरोकारवालाहरूलाई ध्यानमा राखेर परिक्षण प्रतिवेदन तयार गरिनु पर्दछ। अन्तिम प्रतिवेदनमा तथ्यांक, तथ्यांक विश्लेषण, सिफारिसहरू, ऊर्जा बचत, लागत बचत, कार्यान्वयन लागत र सिफारिस गरिएको ऊर्जा संरक्षण विधि र प्रणाली सुधारहरूको सामान्य भुक्तानी अवधि (simple payback period) समावेश हुनु पर्दछ।

परिक्षण प्रतिवेदन लेख्दा ध्यानमा राख्नुपर्ने केही महत्वपूर्ण विषयहरू यसप्रकार छन्:

- परिक्षण प्रतिवेदन यसरी लेखिनु पर्दछ कि यसले संभावित पाठकहरू (जो प्रमुख कार्यकारी अधिकृत वा व्यवसाय व्यवस्थापक, इन्जिनियर वा मर्मत-सम्भार सुपरभाइजर र व्यवसायको शिफ्ट सुपरभाइजर हुन सक्दछन्) लाई उपयुक्त जानकारी प्रदान गरोस्।
- परिक्षण प्रतिवेदनमा संक्षिप्त, सटिक, सिधा र सजिलोसंग बुझिने भाषाको प्रयोग भएको हुनु पर्दछ।
- तथ्यांक, नतिजा र प्रवृत्ति प्रस्तुत गर्न तालिकाको बदला धेरै ग्राफहरू प्रयोग गर्नु पर्दछ।
- सिफारिस खण्ड निश्चित, प्रष्ट र पर्याप्त विवरणसहितको हुनु पर्दछ।
- विश्लेषणमा बनाइएका धारणाहरूलाई प्रष्ट रूपमा ब्याख्या गरिनु पर्दछ। महत्वपूर्ण धारणाहरूमा परिवर्तन भएमा नतिजामा पर्न सक्ने असरलाई पनि ब्याख्या गरिनु पर्दछ। यसको लागि संवेदनशीलता विश्लेषण (sensitivity analysis) एउटा महत्वपूर्ण औजार हो।
- परिक्षणकर्ताले प्रतिवेदनमा विशेष गरेर नतिजाहरूमा गल्ती तथा त्रुटीहरूबाट जोगिन हरसम्भव प्रयास गर्नु पर्दछ। त्रुटीहरू थोरै मात्र हुँदा पनि परिक्षणको विश्वसनीयतामा क्षति पुग्न सक्दछ।
- प्रतिवेदनको ढाँचा र यसमा प्रयोग भएका शब्दावलीहरूमा एकरूपता हुनु पर्दछ।
- गणना (calculation) गरिएका विश्लेषण कार्यहरूमा अझ राम्रो बुझाइको लागि ब्याख्या गरिएको हुनु पर्दछ।

यस अध्ययनबाट प्राप्त अनुभव र विभिन्न प्रतिष्ठित संस्थाहरूले तयार गरेका विभिन्न EA प्रतिवेदनको समिक्षाका आधारमा चित्रण गरिएका उदाहरणसंगै EA प्रतिवेदनको मानांकीकृत ढाँचा Annex 2 मा छ। व्यावसायिक क्षेत्र वा सुविधाहरूमा सिफारिस गरिएका विकल्पहरू कार्यान्वयन गर्नको लागि प्रविधि र उपकरणको श्रोत थाहा पाउनु जरुरी हुन्छ। तसर्थ प्रविधि र उपकरणका विक्रेता/आपूर्तिकर्ताको सूची उपलब्ध गराउनाले खरिदमा मद्दत पुग्दछ।

५.१ लागत लाभ विश्लेषण

माथिल्लो तहको व्यवस्थापन (top management) लाई लगानीको निर्णय गर्न सक्षम बनाउनको लागि पहिचान गरिएका विकल्पहरूको आर्थिक विश्लेषण (financial analysis) गर्नु महत्वपूर्ण हुन्छ। उक्त विश्लेषण निम्न कुराहरूमा आधारित हुनु पर्दछ:

- कुनै समयावधिको ऊर्जा बचत;
- प्राप्त ऊर्जा बचत हुँदा भएको आर्थिक बचत जस्तै: सेवाहरू, वातावरणीय जस्ता अन्य सुधारहरू र मर्मत-सम्भार न्यूनिकरण;
- आवश्यक लगानी।

संभव भएसम्म अवसरहरू (opportunities) पुरा गर्न अपेक्षा वा संचालन गरिएको योजना अवधिभरमा मुल्याङ्कन गरिनु पर्दछ। लागत लाभ विश्लेषण (cost benefit analysis) गर्ने अनेकौं विधिहरू छन् जस्तै: सामान्य भुक्तानी अवधि (simple pay back period), Net Present Value (NPV), नगद प्रवाह विधि (cash flow method), Return On Investment (ROI) र Internal Rate of Return (IRR) विधिहरू। सामान्य भुक्तानी विधि सबैभन्दा सरल विधि हो जुन धेरैजसो प्रयोग गरिन्छ। यो निम्न तरिकाले गणना गरिन्छ:

सामान्य भुक्तानी अवधि = कुल लगानी/कुल बार्षिक बचत

विभिन्न खोजहरूको सारांश, सिफारिसहरू र लागत लाभ विश्लेषण तालिका तल दिइएको छ।

Table 5.1: Energy Efficiency Options and Payback

SN	Energy Efficiency Option	Annual Savings				Investment (NRs)	Pay Back Period (Months)
		Demand in kVA	Energy in kWh	Fuel Savings in Litres	Value of Savings (NRs)		
१							
२							
Total							

Table 5.2: Types and priority of energy saving measures

S N	Energy Efficiency Option	Types and priority of energy saving measures		
		Annual Electricity/Fuel Saving (kWh/MT)	Annual Savings in NRs.	Priority
१	No Investment (Immediate) Optional Improvement House Keeping			
२	Low Investment Controls Equipment modification Process change			
३	High Investment Energy efficient Devices Product modification Technology change			

नोट:

शून्य लागत विधि: कुनै लगानी आवश्यक नपर्ने, प्रायशः घर व्यवस्थापन र प्रक्रिया सम्बन्धी विधिहरु।

न्यून लागत विधि: रू. ५ लाखसम्मको लगानी र एक वर्षभित्रको भुक्तानी अवधि।

उच्च लागत विधि: ५लाख भन्दा बढीको लगानी र तिन वर्ष भन्दा कमको भुक्तानी अवधि।

Annexes:

Annex 1: रुपान्तरण Factor हरू

Units	Kcal (000)	GJ	TCE	TOE
Kilo Calorie	१.००००	०.००४१८६८	०.०००१४२९	०.००००९७२
GJ	२३८.८४५९	१.०००००००	०.०३४१२०८	०.०२३४६२२
TCE	७०००.००	२९.३०७६०००	१.०००००००	०.०६८७६२२
TOE	१०२९०.००	४२.६२१७०००	१.४५४२८८०	१.०००००००

Fuel type	Unit	Kcal (000)	GJ	TCE	TOE	Other	
Traditional Fuel							
Fuel wood	tonne	४०००	१६.७५	०.५७	०.३९	१.४३	m3
	m3	२८००	११.७२	०.४	०.२७	०.७	tonne
Charcoal	tonne	७१००	२९.७३	१.०१	०.६९	२.८६	m3
	m3	२४८५	१०.४	०.३६	०.२४	०.३५	tonne
Commercial Fuel	Unit	kCal (000)	GJ	TCE	TOE	Others	
Coal	tonne	६०००	२५.१२	०.८६	०.५८		
LPG	KL		३०.०८			०.६११	Tonne
	Tonne	११७६०	४९.२४	१.६८	१.१४	१.६३७	KL
HSD	KL	९०६०	३७.९३	१.२९	०.८८	०.८३	Tonne
	Tonne	१०९६०	४५.८९	१.५७	१.०७	१.२१	KL
LDO	KL	९३५०	३९.१५	१.३४	०.९१	०.८५	Tonne
	Tonne	१०९६०	४५.८९	१.५७	१.०७	१.१७	KL
FO	KL	९८६०	४१.२८	१.४१	०.९६	०.९३	Tonne
	Tonne	१०५६०	४४.२१	१.५१	१.०३	१.०७	KL
Electricity	MWh	८६०	३.६	०.१२	०.०८	५.७८	GHh from oil

Source: Energy Synopsis Report WECS, 2010

Annex 2: व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदन ढाँचा

क) प्रतिवेदनको शीर्ष खण्डमा हुनु पर्ने:

- प्रतिवेदनको शीर्षक;
- परिक्षणको प्रकृति: विद्युतीय प्रणाली र ऊर्जा उपयोगको विस्तृत ऊर्जा परिक्षण;
- क्षेत्र/परिक्षण गरिएको इकाईको नाम;
- परिक्षण गर्ने इकाईको नाम;
- परिक्षण अवधि;
- प्रायोजक र सरोकारवालाहरू।

ख) आभार:

यस खण्डमा परिक्षण टोलीको नेताले मितिसहितको हस्ताक्षर गरेर ग्राहकतर्फ वा प्रायोजक तर्फबाट परिक्षण कार्यमा सम्बद्ध मुख्य सरोकारवालाहरूको योगदानको कदर गर्न सक्दछ।

ग) अध्ययन टोली:

यस खण्डमा भविष्यमा गर्नु पर्ने आवश्यक छलफलको लागि अध्ययन टोलीका सदस्यहरूको ओहोदासहितको सूची राख्न सकिन्छ।

घ) प्रतिवेदनमा प्रयोग भएका सामग्री तालिका, तालिका सूची, आँकडा सूची, संक्षेपिकरण, नामाकरण:

यो खण्डमा सजिलोसंग बुझ्नको लागि प्रतिवेदनमा प्रयोग भएका सामग्री तालिका, तालिका सूची, आँकडा सूची, संक्षेपिकरण र नामाकरणहरू सूचीकृत हुन सक्दछन्।

ङ) प्रयोग भएका उपकरणहरूको सूची:

यस खण्डमा ऊर्जा परिक्षणमा प्रयोग भएका उपकरणहरूको सूची उल्लेख गरिनु पर्दछ।

च) सारांश (Summary):

यस खण्डमा प्रतिवेदनले अध्ययनबाट प्राप्त परिणामहरूको संक्षेप प्रस्तुत गर्न सक्दछ जसमा कम्तिमा निम्न कुराहरू समावेश हुन सक्दछन्:

- परिक्षण गरिएको निकायको आधारभूत विवरण;
- विद्युतीय क्षेत्रमा पहिचान गरिएका सबै ऊर्जा दक्षता अवसरहरू, विकल्पमा पहिचान गरिएका वार्षिक ऊर्जा बचतका सम्भावनाहरू, वार्षिक रूपमा हुने आर्थिक बचतका सम्भावनाहरू, लगानी आवश्यकता र सामान्य भुक्तानी अवधिसहितको कुनै एक तालिकामा ऊर्जा दक्षता विकल्पको सारांश;

- प्राथमिकतामा परेका विकल्प सूची: लघु अवधि (एक वर्ष भन्दा कमको सामान्य भुक्तानी अवधि); मध्यम अवधि (एकदेखि ३ वर्षसम्मको सामान्य भुक्तानी अवधि); दीर्घ अवधि (३ वर्ष भन्दा बढीको सामान्य भुक्तानी अवधि)।

परिच्छेद १: परिचय

१.१ अध्ययनको पृष्ठभूमि

१.२ ऊर्जा परिक्षणका कार्यक्षेत्रहरू

ऊर्जा परिक्षणका कार्यक्षेत्रहरू निम्न छन्:

- KW मा कुल जडित भार र व्यवसायको मुख्य विद्युतीय भार/ड्राइभको सुची, पछिल्लो वर्षको (२०xx-yy) मासिक आधारभूत उत्पादन, क्षमता उपयोग, विद्युत खपत (NEA), Diesel Gneretor (DG) मा आधारित उत्पादन (यदि र लागू भएमा), सहउत्पादन (cogeneration) र Renewable Energy (RE) मा आधारित उत्पादन, श्रोत अनुसारको र भारत औषत विद्युतको लागत र विविधतामा टिप्पणी सहित समग्र निश्चित विद्युत खपत, प्रामाणिक मूल्यहरूका बारेमा उल्लेख गर्ने;

निम्न क्षेत्रहरूमा लागत लाभ सहित ऊर्जा दक्षता सुधार अवसरहरू:

- Power Factor सुधार;
- भार व्यवस्थापन (उच्चतम माग अनुकूलन);
- DG सेटको कार्यक्षमतामा सुधार;
- यदि भएमा सहउत्पादन अनुप्रयोगको सम्भावना;
- यदि भएमा RE अनुप्रयोग (सौर्य PV) को सम्भावना;
- यदि भएमा बोइलर र स्टिम प्रणालीको परिक्षण;
- खेर जाने ताप पुनर्लाभि;
- HVAC;
- घर व्यवस्थापन आदि ।

१.३ व्यावसायिक क्षेत्रको बारेमा:

(विबरणमा स्थान, स्थापना वर्ष, सेवाहरू, हालको सेवा क्षमता, कार्यावधि/दिन र दिन/वर्ष सामान्य संचालन, विद्युतीय तथा तापीय ऊर्जा खपत र वार्षिक लागत प्रस्तुत् गर्न सकिन्छ।)

परिच्छेद २: व्यवसायका ऊर्जा प्रणालीहरू

२.१ विद्युतीय ऊर्जा उपयोगका विशेषताहरू:

व्यावसायिक क्षेत्रहरूका विद्युतीय ऊर्जा र भार व्यवस्थापन अभ्यासहरू, ग्रिड, डिजेलबाट उत्पादन, सहउत्पादन लागत, power factor, प्रयोग समय अनुसारको महशुल (time of use tariff), अधिकतम माग प्रवृत्ति, निश्चित विद्युतीय ऊर्जा खपत, ऊर्जा खपत गर्ने मुख्य उपकरणहरू (जस्तै: ड्राइभ, रेफ्रिजेरेसन, पम्पिंग, कम्प्रेसर) breakup र खपतलाई असर पुर्याउने कारकहरूसंग सम्बन्धित विशेषताहरू प्रस्तुत् गर्ने।

२.२ तापीय ऊर्जा उपयोगका विशेषताहरू:

व्यावसायिक क्षेत्रहरूका तापीय ऊर्जा उपयोग, निश्चित तापीय ऊर्जा खपत, नक्सा, बोइलरको संचालन विशेषता (operational feature) हरू र विशिष्टता (specification) हरू प्रस्तुत् गर्ने।

परिच्छेद ३: रणनीतिक ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यक्रम

व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा रणनीतिक ऊर्जा व्यवस्थापन कार्यक्रमको औचित्यताको आधार, ऊर्जा दक्षतामा व्यवस्थापनको प्रतिबद्धताको लागि वान्छनीय स्वेच्छिक नीति, MIS प्रणालीको वान्छनीय विशेषताहरू र समयानुसार व्यवसाय सेवालार्ई स्तरोन्नति।

परिच्छेद ४: ऊर्जा दक्षता अवसरहरू

प्रतिवेदनले यस खण्डमा हरेक अवसरको निम्न पक्षहरू प्रस्तुत गर्दै प्रष्ट शैलीमा विद्युतीय प्रणालीहरूमा ऊर्जा दक्षताका अवसरहरूलाई समेट्ने:

- ऊर्जा दक्षताका अवसरहरूको शीर्षक (EE opportunity);
- वर्तमान अवस्था;
- सिफारिस;
- लागत लाभ;
- विकल्पहरूको कार्यान्वयनमा आवश्यक अनुमानित लगानी;
- लागत लाभ (cost benefit) ले महिना वा वर्षहरूको सामान्य भुक्तानी अवधि (simple payback period) देखाउँछ।

कार्य योजना:

ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनमा निम्न कार्ययोजनाहरू तयार गरी बुझाउनु पर्छ:

क्र.सं.	EE विधिहरू	जिम्मेवार व्यक्ति	कार्यान्वयन मिति		समय सिमा	टिप्पणीहरू
			शुरु	समाप्त		

परिच्छेद ५: Exhibits: प्रासांगिक भएमा विक्रेताको जानकारी

ऊर्जा दक्षता विधि (measure)हरूको सूची धेरै विस्तृत र क्षेत्र (sector) तथा अनुप्रयोग (application) विशिष्ट हुन्छ र मोटामोटी रूपमा निम्न विधिहरू समावेश हुन सक्दछन्:

- उच्चतम माग अनुकूलन गर्ने, समय अनुसार महशुलको फायदा उठाउनको लागि भार बदल्ने (load shifting);
- पावर फ्याक्टर सुधार, स्वचालित पावर फ्याक्टर नियन्त्रण (APFC);
- ऊर्जा दक्ष क्षमता नियन्त्रण (energy efficient capacity control) को लागि variable speed drive को अनुप्रयोग;
- उपयोगिताहरू जस्तै: पम्प, पंखा, कम्प्रेसर, रेफ्रिजेरेसन र बत्तीहरूमा ऊर्जा दक्षता प्रकृत्या गर्ने;
- नविकरण, आधुनिकिकरण र प्रक्रिया परिमार्जन/स्तरोन्नति;
- बोइलर र बाष्प प्रणाली;
- DG सेट, विद्युतीय भट्टी, हिटर, ओभन र मेल्टिड बाथ आदिमा दक्षता सुधार;
- सहउत्पादन अपनाउने;
- तापक्रम नियन्त्रण, occupancy sensors, भवन ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणाली जस्ता स्वचालन विधि अपनाउने;

- राम्रो क्षमता उपयोगिताको लागि भारमा सुधार;
- कम्प्रेस्ड हावा, पम्प, पंखा र रेफ्रिजेरेसनबाट चुहावट र wastage कम गर्न घर व्यवस्थापनमा सुधार;
- Heat Exchanger को कार्यक्षमता सुधारको लागि कन्डेन्सर डि-स्केलिङ;
- संभव भएसम्म RE अनुप्रयोग।

परिच्छेद ६: दस्तावेज (Exhibits)

ऊर्जा परिक्षण प्रतिवेदनमा आवश्यकता अनुसार प्रष्टता, राम्रो बुझाईको लागि त्यसका तथ्यांकको समर्थनमा नमुनाहरू र निम्न जानकारीहरू समावेश हुन सक्दछन्:

- रेखाचित्रहरू (line diagrams);
- प्रविधिको विस्तृत विवरण (technical specifications);
- बनौट तथ्यांक (design data);
- ताप सन्तुलन (heat balance) जस्ता विस्तृत गणनाहरू;
- विस्तृत मोटर भार सर्भेक्षण, बत्तीको सर्भेक्षण, steam trap सर्भेक्षण, इन्सुलेसन सर्भेक्षण आदिको विवरण;
- उत्पादन सम्बन्धी लेखोटहरूमा बिक्रेताबारे जानकारी;
- सामान्य सल्लाह (general tips), घर व्यवस्थापन विधिहरू (housekeeping measures), मर्मत-सम्भार निर्देशिका आदि।

यी दस्तावेजहरूले ऊर्जा दक्षता प्रस्तावहरूको व्यवहारिकता बढाउन सरकार, मन्त्रालय, नेपाल विद्युत प्राधिकरण, आर्थिक संस्थाहरू वा भएमा अन्तर्राष्ट्रिय संस्थाहरू (जो प्रचलित र उचित छन्) बाट उपलब्ध कुनै प्रोत्साहन योजनाहरूको सम्बोधन पनि गर्न सक्दछ।

Annex 3: ऊर्जा परिक्षणका लागि आवश्यक उपकरण

ऊर्जा परिक्षण प्रकृत्यामा ऊर्जाको identification र quantification को लागि मापन आवश्यक हुन्छ। यी मापनहरूको लागि उपकरणहरूको प्रयोग आवश्यक हुन्छ। यी उपकरणहरू हलुका, टिकाउ, संचालन गर्न सजिलो र तुलनात्मक रूपमा सस्तो हुनु जरुरी छ। सामान्यतया ऊर्जा परिक्षणको दौरानमा अनुगमन गरिने प्यारामिटरहरू निम्न हुन सक्छन्:



AC प्रणालीमा आधारभूत विद्युतीय प्यारामिटरहरू: भोल्टेज (V), विद्युत प्रवाह (I), पावर फ्याक्टर (PF), सक्रिय शक्ति (kW), स्पष्ट शक्ति (माग) (kVA), प्रतिक्रियात्मक शक्ति (reactive power, kVAR), ऊर्जा खपत (kWh), आवृत्ति (frequency, Hz), हार्मोनिक्स आदि ।

DC प्रणालीमा आधारभूत विद्युतीय प्यारामिटरहरू: भोल्टेज (V), विद्युत प्रवाह (I), शक्ति (power, kW), ऊर्जा खपत (kWh) आदि ।

विद्युतीय बाहेक अन्य महत्वपूर्ण प्यारामिटरहरू जस्तै: तापक्रम र ताप बहाव, विकिरण, हावा र ग्यासको बहाव, तरल (liquid)को बहाव, प्रति मिनेटको घुमाई (RPM), हावाको वेग, आवाज र कम्पन, धुलोको मात्रा, कुल घुलित ठोस (total dissolved solid), pH, ओसिलोपनाको मात्रा, सापेक्षित आर्द्रता, flue gas को विश्लेषण: कार्बन डाइअक्साइड, अक्सिजन, कार्बन मोनोअक्साइड, सल्फर, नाइट्रोजनका अक्साइडहरू, प्रज्वलन दक्षता आदि ।

व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा ऊर्जा परिक्षण संचालन गर्न निम्न ऊर्जा अनुगमन/मापन उपकरणहरू आवश्यक पर्दछन्:

Table 0-1: Equipment needed to conduct energy audit in Commercial Sectors

क्र.सं.	उपकरण	उपकरणको चित्र	मापन गरिने
1.	Electrical Power Analyzer (Three Phase)		Used to measure electrical parameters such as kVA, kW, PF, Hertz, kVAr, Amps and Volts, etc. In addition some of these instruments also measure harmonics. It is used for recording the data.
2.	Electrical Power Clam Meter		Used to measure electrical parameters such as kVA, kW, PF and Ampere.

क्र.सं.	उपकरण	उपकरणको चित्र	मापन गरिने
3.	Combustion Analyzer/ Gas analyzer/Fyrite kit		This device is used to analyze the composition of flue gas from boilers and hot water generators. It measures gases such as O ₂ , CO, CO ₂ in the flue gas and calculates the combustion efficiency.
4.	Contact thermometer		Used to measure flue gas, hot air, hot water temperatures by insertion of probe into the stream. For surface temperature, a leaf type probe is used with the same instrument.
5.	Infrared Thermometer		Infrared thermometer when directed at a heat source directly gives the temperature read out. This instrument is useful for measuring hot spots in furnaces, surface temperatures etc.
6.	Anemometer		Used to measure air velocity to calculate air flow from a given area. Total flow is measured by multiplying air velocity and area cross-section.
7.	Ultrasonic flow meter		Used to measure the flow of liquid. It uses ultrasonic transducers that measure the average velocity along the path of an emitted beam of ultrasound based on which calculates volumetric flow.
8.	Digital Camera		To capture images.

क्र.सं.	उपकरण	उपकरणको चित्र	मापन गरिने
9.	Thermal Image Camera		Measures the temperature at the surface of the objects. This devices can detect overloaded section of the thermal system. It also locates the fault, leakages, damages part of thermal system.
10.	Lux Meter		Illumination levels are measured with a lux meter. It consist of a photo cell which senses the light output, coverts to electrical impulses which are calibrated as lux.
11.	Humidity Meter		To measure the humidity, WET bulb and DRY bulb thermometer is used.
12.	Leak Detector		Ultrasonic instruments are available which can be used to detect leaks of compressed air and other gases which are normally not possible to detect with human abilities.

Annex 4: ऊर्जा परिक्षणको दौरानमा अपनाउनु पर्ने सुरक्षा

ऊर्जा परिक्षण गर्दा विभिन्न उपयोगिता (utilities) र मेशिनरीहरू नजिक रहेर काम गर्नुपर्ने हुन्छ। तसर्थ सुरक्षा सम्बन्धी उपायहरू कुनै पनि ऊर्जा परिक्षण टोलीको लागि एउटा महत्वपूर्ण अंग हुनु पर्दछ। परिक्षण टोलीलाई सुरक्षा कार्यविधिहरू, व्यक्तिगत सुरक्षा उपकरण (Personal Protective Equipment, PPE) को बारेमा पुर्णरूपमा जानकारी दिइनु पर्दछ र टोलीले परिक्षण संचालन गर्दा कहिल्यै पनि आफैलाई जोखिम अवस्थामा राख्नु हुँदैन। परिक्षकहरूले विद्युतीय प्रणालीहरू वा उच्च तापक्रम हुने उपकरणहरू जस्तै: बोइलर, हिटर आदिमा मापन गर्दा अत्यन्त सावधान हुनु पर्दछ। आवश्यक परेमा विद्युतीय वा एस्बेस्टसका पन्जाहरू लगाउनु पर्दछ। परिक्षणकर्ताहरू कुनैपनि संचालनरत उपकरण, विशेषतः open drive shafts, पेटी (belt) वा गियरहरू भएका वा कुनैपनि घुम्ने किसिमका मेशिनरीहरूको परिक्षण गर्दा पनि धेरै सावधान हुनु पर्दछ। परिक्षणकर्ताले उपकरण जाँच गर्नुपर्ने र मेशिनको केही भागहरूबाट सूचनाहरू लिनु पर्न सक्ने बारे उपकरण संचालक वा सुपरिवेक्षकलाई जानकारी दिनु पर्दछ। परिक्षणकर्ताले संचालक वा सुपरिवेक्षकलाई अग्रिम जानकारी नदिई कहिल्यै कुनैपनि उपकरणको नजिक जाने र निरिक्षण गर्ने गर्नु हुँदैन। संचालित यन्त्रहरूले आफुतिर तान्न सक्ने हुनाले परिक्षण टोलीले खुल्ला कपडाहरू लगाउनु हुँदैन। निम्न बुँदाहरू भएको एउटा सुरक्षा जाँच तालिका तयार गरी परिक्षण टोलीले आफुसंग लैजानु पर्दछ:

विद्युत र तापबाट सुरक्षाको लागि:

- संभव भएसम्म विद्युत प्रवाह भइरहेको सर्किटमा काम नगर्ने;
- कुनैपनि उपकरणमा काम गर्नु पहिले सुरक्षित रूपमा विद्युत प्रवाह र स्विचहरू बन्द गर्ने;
- Log Out Tag Out (LOTO) कार्यान्वयन गर्ने;
- हृदयघात हुनबाट रोक्न विद्युत प्रवाहित सर्किटमा मापन गर्दा सँधै एउटा हात खल्तिमा राख्ने कोशिश गर्ने;
- विद्युतीय प्रणालीमा काम गर्दा Vinyl nitrile पन्जा, विद्युतीय सुरक्षा जुत्ता लगाउने;
- विद्युतीय प्रणालीमा काम गर्दा छालाको पन्जा, यान्त्रिक सुरक्षा जुत्ता लगाउने;
- कुनैपनि उपकरणको नजिकै जानु अघि त्यसको तापक्रम infra red gunको प्रयोगले जाँच गर्ने।

श्वासप्रश्वास प्रणालीको सुरक्षाको लागि:

- आवश्यक पर्दा पुरा अनुहार ढाक्ने उचित कण (particle) छान्ने प्रकारको श्वास फेर्ने मास्क लगाउने;
- कम सघन हानिकारक ग्यासहरूको नजिक काम गर्दा मास्कमा सक्रिय कार्बन कार्टुस (cartridge) को प्रयोग गर्ने, नियमित रूपमा कार्टुस परिवर्तन गर्ने;
- विषाक्त वातावरणमा काम गर्दा आत्मनिहित (self contained) श्वासप्रश्वास उपकरण (breathing apparatus) को प्रयोग गर्ने।

श्रवण प्रणाली (Hearing System) को सुरक्षाको लागि:

- ठूलो आवाज आउने क्षेत्रहरूमा काम गर्दा कान थुन्ने वा कान ढाक्ने यन्त्रको प्रयोग गर्ने।

Annex 5: आधारभूत तथ्यांक संकलन ढाँचा

Parameters	Information
Name of Commercial Sector	
Year of Establishment (A.D.):	
Scale: (Large/Medium/Small)	
Reference baseline year A.D.:	
Total Area (M ²)	
Location:	
Contact Person:	
Designation:	
Telephone Number:	
E-mail:	
Website:	
No of Employees:	
Presence of Energy Manager:	
Compliance with any National/International Standard (NS/ISO):	
Energy Aspects:	
<i>A) Electrical Energy</i>	
A १) From NEA Grid in kWh:	
Total Cost of Grid Electricity in NPR:	
Electricity Consumption kWh/M ²	
A २) From Generators:	
Types of Fuel used:	
Fuel Consumed in Liters:	
Total DG Capacity in KVA:	
Diesel Energy Generated in kWh:	
DG Electricity Consumption kWh/M ²	
% of Electrical Energy Generated from DG Set:	
Total Cost of DG Electricity in NPR:	
Total Electrical Energy Consumed (Grid+Captive) in kWh/year:	
Cost of Total Electrical Energy Consumed (Grid+Captive) in NPR:	

व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका

Parameters	Information
B) Thermal Energy	
B१) Types of Fuel used:	
Quantity of fuel consumed in Liter:	
Total cost of Fuel in NPR:	
B२) Types of Fuel used:	
Quantity of fuel consumed in Liter:	
Total cost of Fuel in NPR:	
Total Thermal Energy Consumption in MJ:	
Total Cost of Thermal Energy Consumed in NPR:	
Key Parameters:	
Annual Turnover in Million NPR:	
Capacity Utilization in %:	
Weighted Average Unit Cost of Electrical Energy in NPR:	
Specific Thermal Energy Consumption in MJ/ Area:	
Specific Electrical Energy Consumption in kWh/ Area:	
Total Annual Cost of Electrical + Thermal Energy in NPR:	

नोट: पाँचतारे होटल र अस्पताल क्षेत्रको लागि निर्दिष्ट ऊर्जा खपत निम्न तरिकाले देखाइन्छ:

1. For Hotels: kWh/Room (Electrical) and MJ/Room (Thermal)
2. For Hospitals: kWh/Bed (Electrical) and MJ/ Bed (Thermal if available)

Annex 6: प्रत्यक्ष र अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणना

क) प्रत्यक्ष विधि

यस विधिमा पानीबाट बाष्पमा (चाहिएको स्वरूपमा) परिवर्तन हुँदा feed water ले ग्रहण (gain) गरेको कुल ताप र प्रयोग भएको इन्धनमा रहेको कुल तापको अनुपातलाई तुलना गरिन्छ। दक्षता मुल्याङ्कन गर्नको लागि उपयोगी उत्पादन (sseful output- steam) र ताप लागत (heat input- fuel) को मात्र आवश्यक पर्ने हुनाले यसलाई 'input-output method' पनि भनिन्छ।

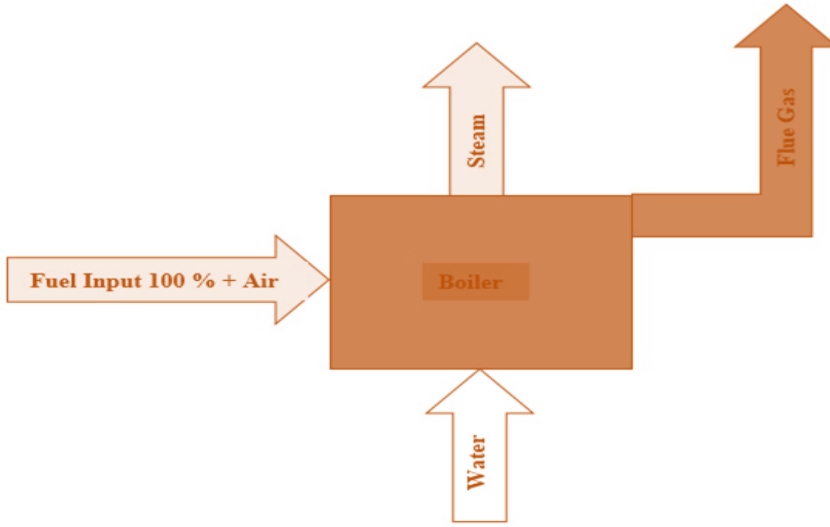


Figure I: Boiler Efficiency Calculations by Direct Method

This efficiency is calculated by given formula:

$$\text{Boiler Efficiency} = \frac{\text{Heat Output}}{\text{Heat Input}} \times 100$$

$$\text{Boiler Efficiency} = \frac{\text{Heat addition to Steam}}{\text{Gross Heat in Fuel}} \times 100$$

Boiler Efficiency

$$= \frac{\text{Steam Flow Rate} \times (\text{Steam enthalpy}) - \text{Feed Water Flow Rate} (\text{Feed water enthalpy})}{\text{Fuel Firing rate} \times \text{Gross calorific value}} \times 100$$

$$\text{Boiler Efficiency} = \frac{Q_s \cdot h_s - Q_f \cdot h_f}{q \times \text{GCV}} \times 100$$

Where,

- Q_s = Quantity of steam generated in kg/hr.
- Q_h = Quantity of feed water in kg/hr
- q = Quantity of fuel used in kg/hr.
- h_s = Enthalpy of saturated steam in kcal/kg of steam.
- h_f = Enthalpy of feed water in kcal/kg of water.
- GCV = Gross calorific value of the fuel in kcal/kg of fuel

नोट : कार्यरत चाप (Working Pressure) kg/cm^2 मा, superheat तापक्रम र feed water तापक्रम $^{\circ}\text{C}$ मा हुनुपर्दछ ।

For Calculating Evaporation Ratio, following formula is used;

$$\text{Evaporation Ratio} = \frac{\text{Quantity of steam generation}}{\text{Quantity of fuel consumption}}$$

प्रत्यक्ष विधिका फायदाहरू:

- बोइलर दक्षता छिटो मुल्याङ्कन गर्न सकिन्छ र लामो गणनाको आवश्यकता पर्दैन;
- केही प्यारामिटरहरूको मात्र आवश्यकता पर्दछ;
- अनुगमनको लागि केही यन्त्रहरूको मात्र आवश्यकता पर्दछ।

ख) अप्रत्यक्ष विधि

१०० बाट ताप चुहावटहरू (heat loss fractions) लाई घटाउँदै दक्षता गणना गरिने हुनाले यो विधिलाई ताप चुहावट विधि पनि भनिन्छ। यो विधिमा दक्षता निर्धारण प्रक्रियामा blow down चुहावट समावेश गरिदैन। अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणनाको लागि विस्तृत कार्यविधि तल दिइएको छ। यद्यपि यो ध्यानमा राख्नु पर्दछ कि व्यावसायिक क्षेत्रहरूमा हालका ऊर्जा व्यवस्थापकहरूले सरल गणना कार्यविधि रुचाउँदछन्।

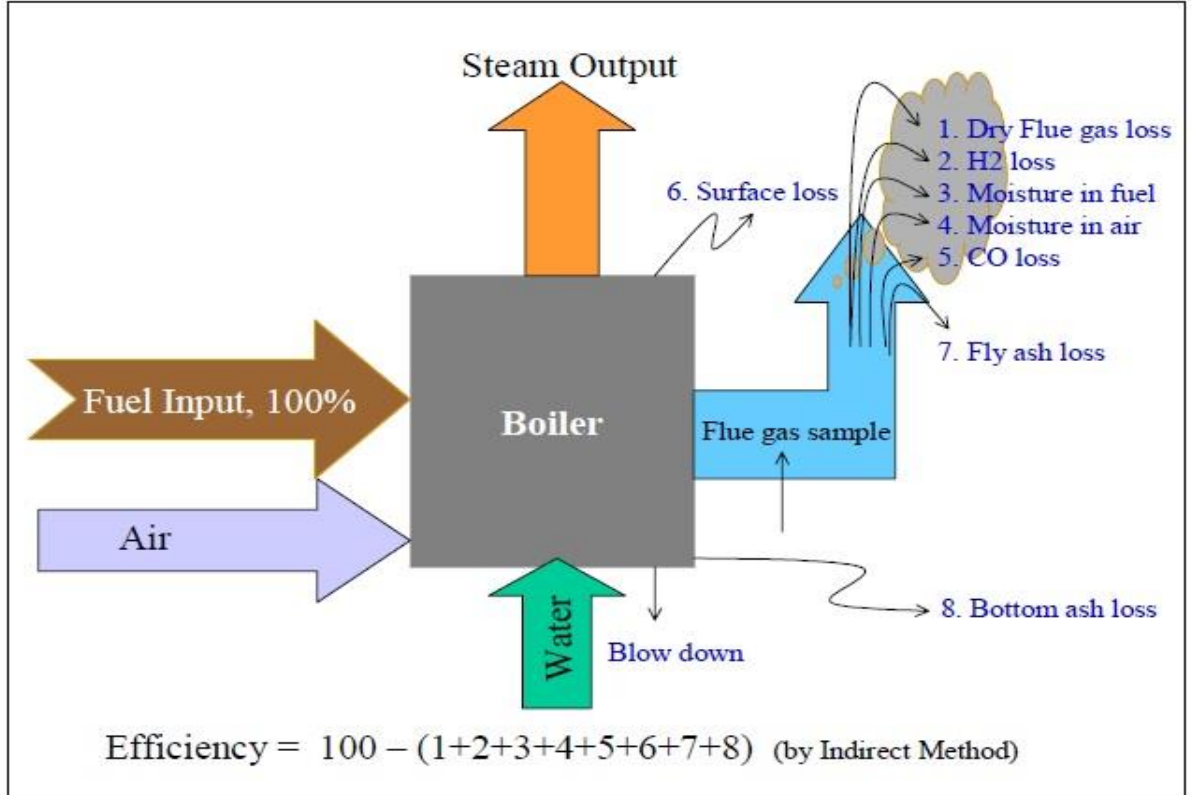


Figure II: Boiler Efficiency by Calculation Indirect Method

निम्न चुहावटहरू तरल, ग्यास र ठोस इन्धनबाट चल्ने बोइलरमा हुन्छन्:

L1- Loss due to dry flue gas (sensible heat)

L2- Loss due to hydrogen in fuel (H₂)

L3- Loss due to moisture in fuel (H₂O)

L4- Loss due to moisture in air (H₂O)

L5- Loss due to carbon monoxide (CO)

L6- Loss due to surface radiation, convection and other unaccounted *

*Losses which are insignificant and are difficult to measure.

The following losses are applicable to solid fuel fired boiler in addition to above;

L7- Loss due to unburnt in fly ash (carbon)

L8- Loss due to unburnt in bottom ash (carbon)

Boiler Efficiency by Indirect Method = 100 – (L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L8)

अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणनाको लागि गणना कार्यविधि र शुत्रः

अप्रत्यक्ष विधिद्वारा बोइलर दक्षता गणना गर्न बोइलरमा हुने सबै चुहावटहरू मापन गरिनु पर्दछ। ती चुहावटहरू खपत भएको इन्धनको परिमाणसंग सहज रूपमा सम्बन्धित हुन्छन्।

A) Theoretical Air required for Combustion =

$$\frac{[(11.6 * C) + \{34.8 * (H_2 - O_2/8)\} + (4.35 * S)]}{100}$$

Where,

C = Percentage of Carbon present in the fuel.

H₂ = Percentage of Hydrogen present in the fuel.

O₂ = Percentage of Oxygen present in the fuel.

S = Percentage of Sulphur present in the fuel.

B) % Excess Air (EA) Supplied =

$$\frac{O_2}{21 - O_2} * 100$$

C) Actual mass of air (AAS) supplied/ kg of fuel =

$$1 + \frac{EA}{100} * Theoretical Air$$

1) Heat loss due to dry flue gas (L1) =

$$\frac{m * C_p * (T_f - T_a)}{GCV \text{ of fuel}} * 100$$

Where,

m = Mass of dry flue gas in kg/kg of fuel (CO₂+SO₂+ Nitrogen in fuel + Nitrogen in actual mass of air supplied + O₂ in flue gas) or m = AAS + 9 kg of fuel

Cp = Specific heat of flue gas in kCal/kg

Tf = Flue gas temperature in °C

Ta = Ambient air temperature in °C

2) Heat loss due to hydrogen in fuel (L2) =

$$\frac{9 * H_2\{584 + C_p (T_f - T_a)\}}{GCV \text{ of fuel}} * 100$$

Where,

H₂ = Kg of hydrogen present in fuel on 1 kg basis

Cp = Specific heat of superheated steam in kCal/kg °C

Tf = Flue gas temperature in °C

Ta = Ambient air temperature in °C

584 = Latent heat corresponding to partial pressure of water vapour

3) Heat loss due to moisture present in fuel (L3) =

$$\frac{M * \{584 + C_p(T_f - T_a)\}}{GCV \text{ of fuel}} * 100$$

Where,

M = Kg of moisture in fuel in 1 kg basis

Cp = Specific heat of superheated steam in kCal/kg °C

Tf = Flue gas temperature in °C

Ta = Ambient air temperature in °C

584 = Latent heat corresponding to partial pressure of water vapour

4) Heat loss due to moisture present in air (L4) =

$$\frac{\{AAS * \text{Humidity factor} * C_p (T_f - T_a)\}}{GCV \text{ of fuel}} * 100$$

Where,

AAS = Actual mass of air supplied per kg of fuel

Humidity Factor = Kg of water/ kg of dry air

Cf = Specific heat of superheated steam in kCal/kg °C

Tf = Flue gas temperature in °C

Ta = Ambient air temperature in °C (dry bulb)

5) Heat loss due to incomplete combustion (L5) =

$$\frac{\%CO * C}{\%CO + CO_2} * \frac{5744}{GCV \text{ of fuel}} * 100$$

Where,

CO = Volume of CO in flue gas leaving economizer (%)

CO₂ = Actual volume of CO₂ in flue gas (%)

C = Carbon content kg/kg of fuel

5744 = Heat loss due to partial combustion of carbon

6) Heat loss due to radiation and convection (L6) =

$$0.548 * [(T_s / 55.55)^4 - (T_a / 55.55)^4] + 1.957 * (T_s - T_a) 1.25 * \text{sq. rt. of } [(196.85 V_m + 68.9) / 68.9]$$

Where,

V_m = Wind velocity in m/s

T_s = Surface temperature (K)

T_a = Ambient temperature (K)

7) Heat loss due to unburnt in fly ash % (L7) =

$$\frac{\text{Total ash collected}}{\text{kg of fuel burnt}} * \frac{\text{GCV of fly ash}}{\text{GCV of fuel}} * 100$$

8) Heat loss due to unburnt in bottom ash % (L8) =

$$\frac{\text{Total ash collected}}{\text{kg of fuel burnt}} * \frac{\text{GCV of bottom ash}}{\text{GCV of fuel}} * 100$$

9) Boiler Efficiency = 100 – Total Losses

$$= 100 - (L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+L8)$$

B) For Humidity Factor: The mass of vapour that air contains can be obtained from psychometric charts and typical values are included below:

Dry Bulb Temp ° C	Wet Bulb Temp ° C	Relative Humidity %	Kilogram water per Kilogram dry air (Humidity Factor)
२०	२०	१००	०.०१६
२०	१४	५०	०.००८
३०	२२	५०	०.०१४
४०	३०	५०	०.०२४

C) Data collection format for Boiler Performance Assessment

S.N.	Sheet 1- Technical specification of boiler	
१	Boiler ID code and Make	
२	Year of Manufacture	
३	Boiler capacity rating	
४	Type of Boiler	
५	Type of fuel used in boiler	
६	Maximum fuel flow rate	
७	Fuel GCV	
८	Steam Generation Pressure	
९	Superheat Temperature	
१०	Heat transfer area in sq.mt.	
११	Waste Heat Recovery System	
१२	Type of draft	
१३	Chimney Height (M)	
१४	Fuel Consumption per hour	
१५	Water Consumption per hour	

Sheet 2 – Fuel Analysis Details			
Fuel Fired			
GCV of fuel			
Specific gravity of fuel (Liquid)			
Bulk density of fuel (Solid)			
S.N.	Proximate Analysis	Date of Test	Unit
१	Fixed carbon		%
२	Volatile matter		%
३	Ash		%
४	Moisture		%

व्यावसायिक क्षेत्रहरूको लागि ऊर्जा परिक्षण निर्देशिका

S.N.	Ultimate Analysis	Date of Test	Unit
१	Carbon		%
२	Hydrogen		%
३	Sulphur		%
४	Nitrogen		%
५	Ash		%
६	Moisture		%
७	Oxygen		%
S.N.	Water Analysis	Date of Test	Unit
१	Feed water TDS		PPM
२	Blow down TDS		PPM
३	pH of Feed Water		
४	pH of blow down		
S.N.	Flue Gas Analysis	Date of Test	Unit
१	CO ₂		%
२	O ₂		%
३	CO		%
४	Flue Gas Temperature		°C

Typical Instruments used for Boiler Performance Assessment

Instrument	Type	Measurements
Flue gas analyzer	Portable or Fixed	% CO ₂ , O ₂ , CO, Temperature (Flue and Air)
Temperature indicator	Thermocouple, Liquid in glass	Fuel temperature, flue gas, combustion air temperature, boiler surface temperature, steam temperature
Draft Gauge	Manometer, differential pressure	Amount of draft used or available
TDS meter	Conductivity	Boiler water, TDS, feed water TDS, make-up water TDS
Flow meter	As applicable	Steam flow, Water flow, Fuel flow, air flow

Sheet 3: Format sheet for boiler efficiency testing

Date:

Boiler Name:

SN	Time	Ambient Air		Fuel		Feed Water		Steam			Flue Gas Analysis				Surface Temp. of Boiler, °C	
		Dry bulb Temp. °C	Wet bulb Temp. °C	Flow rate kg/hr	Tem °C	Flow rate m ³ /hr	Tem °C	Flow rate m ³ /hr	Pressure kg/cm ²	Tem °C	O ₂ %	CO ₂ %	CO %	Tem °C		

.....
Boiler Operator

.....
Boiler In charge

.....
Boiler Auditor

D) बोइलर दक्षतालाई असर गर्ने कारक तत्वहरू:

- इन्धनको उचित प्रज्वलनमा सुनिश्चितता र अनुकूल बोइलर दक्षता;
- अतिरिक्त हावाको स्तरको अनुकूलन;
- बोइलर फीड वाटरको प्रि-हिटिङ;
- प्रज्वलन हावाको प्रि-हिटिङ;
- स्केलिङ र क्रस चुहावटको न्यूनिकरण;
- विकिरण (radiation) र संवहन (convection) चुहावट;
- स्वचालित blow down नियन्त्रणको अंगिकरण;

- बाष्पको चाप अनुकूलन;
- पंखा, हावा फ्याँक्ने औजार र पम्पहरूको लागि variable speed control;
- बाष्प लाइनको इन्सुलेसन;
- Trap परिक्षणको लागि उचित trap को छनौट;
- बाष्पबाट पानीको पुनर्लाभ;
- बाष्प चुहावट कमि गर्ने/रोक्ने।

E) Schematic diagram of Boiler System.

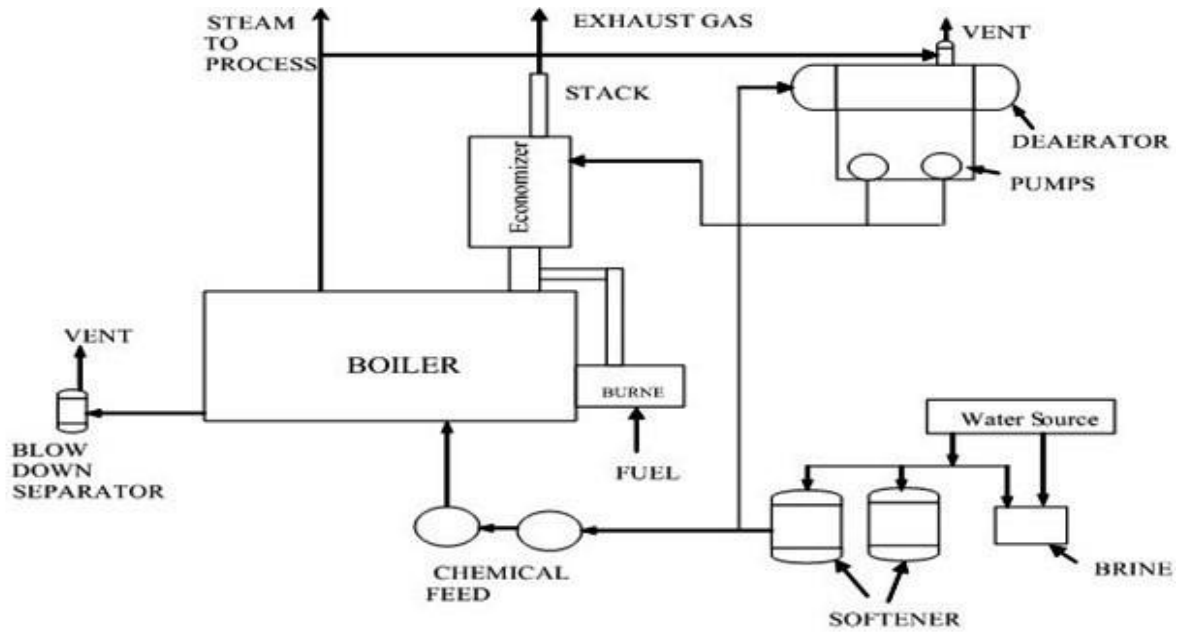


Figure III: Schematic diagram of boiler system

F) Theoretical Combustion Data for Common Boilers fuels

THEORETICAL COMBUSTION DATA – COMMON BOILER FUELS					
Fuel	kg of air req./kg of fuel	kg of flue gas/kg of fuel	m³ of flue/kg of fuel	Theoretical CO₂ % in dry flue gas	CO₂ % in flue gas achieved in practice
Solid Fuels					
Bagasse	३.२	३.४३	२.६१	२०.६५	१०-१२
Coal (bituminous)	१०.८	११.७	९.४०	१८.७०	१०-१३
Lignite	८.४	९.१०	६.९७	१९.४०	९-१३
Paddy Husk	४.६	५.६३	४.५८	१९.८	१४-१५
Wood	५.८	६.४	४.७९	२०.३	११-१३
Liquid Fuels					
Furnace oil	१३.९०	१४.३०	११.५०	१५.०	९-१४
LSHS	१४.०४	१४.६३	१०.७९	१५.५	९-१४

Annex 7: सतहको ताप चुहावट गणना

Particulars	Formula/Value	Units
Boiler Efficiency =		%
Area (A)=		m ²
Operating hours per day=		hrs/day
Operating days per year =		days/year
Annual Operating Hours =		hrs
GCV of Fuel =		Kcal/kg
Cost of Fuel per kg =		NPR/kg
Surface Heat Loss(Qs)=	$[10+(T_s-T_a)/20]*(T_s-T_a)$	Kcal/hr m ²
Total Heat Loss (Q)=	Q_s*A	Kcal
Energy Saving per year=	$(Q_{\text{before}} - Q_{\text{after}}) * \text{Annual operating hrs}$	Kcal
Equivalent fuel saving per year =	Energy saving per year/(GCV of fuel*furnace efficiency)	kg/year
Annual savings in NPR =	fuel savings per year*cost per kg	NPR/year

Annex 8: कम्प्रेसर गणना

Compressor Specification Data Format

Make	Unit	Value/Remarks
Type		
No. of stages		
Discharge capacity	Nm ³ /min	
Discharge pressure	kg/cm ² g	
Speed	RPM	
Receiver capacity	m ³	
Motor rating		
Power	kW	
Full-load current	A	
Voltage	V	
Power factor	PF	
Speed	RPM	
Frequency	Hz	
Specific power consumption	kW/m ³ /min	

Leakage Test in Compressed Air System

Item	Unit	Value/Remarks
Compressed air users	No.	Area/section
Load time (t ₁)	min	
Unload time (t ₂)	min	
Capacity of compressor	m ³ /min	
Leakage = $[t_1/(t_1+t_2)] \times 100$	%	
Leakage = % Leakage * Capacity of compressor	m ³ /min	

Capacity Testing of Compressor

Compressor Reference	Unit	Remarks/Value
Receiver volume plus volume of pipeline between receiver and the air compressor (V)	m ³	
Suction air temperature (t ₁)	°C	
Discharge air temperature (t ₂)	°C	
Initial receiver pressure (P ₁)	kg/cm ² a	
Final receiver pressure (P ₂)	kg/cm ² a	
Time taken to fill receiver from P ₁ to P ₂ (T)	min	
Atmospheric pressure (P ₀)	kg/cm ² a	
Air compressor capacity (free air delivery) Q = {(P ₂ -P ₁)/P ₀ *(V/T)}*(273+t ₁)/(273+t ₂)	Nm ³ /min	

Annex 9: HVAC गणना

Refrigeration and AC system rated specifications

Description	Unit	Value
Make		
Type		
Capacity of cooling	TR	
Chiller		
• No. of tubes		
• Tube diameter	m	
• Total heat transfer area	m ²	
• Chilled water flow	m ³ /hr	
• Chilled water temp difference	°C	
Condenser		
• No. of tubes		
• Diameter of tubes	m	
• Total heat transfer area	m ²	
• Condenser water flow	m ³ /hr	
• Condenser water temp difference	°C	
Chilled water pump		
• Numbers		
• Capacity	m ³ /hr	
• Head developed	mWC	
• Rated power	kW	
• Rated efficiency	%	
Condenser water pump		
• Numbers		
• Capacity	m ³ /hr	
• Head developed	mWC	
• Rated power	kW	
• Rated efficiency	%	

Refrigeration and AC system Operating parameters

S.N.	Parameter	Unit	Values
1.	Chilled water flow (using a flow meter or assessed by level difference)	m ³ /hr	
2.	Chilled water pump motor input power	kW	
3.	Chilled water pump suction pressure	kg/cm ² g	
4.	Chilled water pump discharge pressure	kg/cm ² g	
5.	Chiller water inlet temperature to chiller	°C	
6.	Chiller water outlet temperature from chiller	°C	
7.	Condenser water inlet temperature	°C	
8.	Condenser pump suction pressure	kg/cm ²	
9.	Condenser pump discharge pressure	kg/cm ²	
10.	Condenser water outlet temperature	°C	
11.	Chiller (evaporator) outlet refrigerant temperature	°C	
12.	Refrigerant pressure	kg/cm ² (or psig)	
13.	Condenser inlet refrigerant temperature	oC	
14.	Refrigerant pressure	kg/cm ² (or psig)	
15.	Actual cooling capacity [(1)*(6-5)/3024]	TR	
16.	COP [11/(10-11)]	-	
17.	Compressor motor input power	kW	
18.	Specific energy consumption	kW/TR	
19.	Input power to CT fan	kW	
20.	Input power to chilled water pumps in operation	kW	
21.	Input power to condenser water pumps in operation	kW	
22.	Overall system specific power consumption [(2+17+19+20)/15]	kW/TR	

Annex 10: पम्प गणना

S.N.	Item reference	Units	Value/Remarks
१	<i>Design Condition</i>		
२	Pump Reference		
३	Pump Rated Power	kW	
४	Rated Flow rate	m ³ /hr	
५	Rated Head	m	
६	Rated Efficiency	%	
<i>Actual Condition</i>			
७	Actual Power (electrical)	kW	
८	Actual Flow Rate (Q)	m ³ /hr	
९	Actual Head (h _{dis} -h _{suc})	m	
१०	Fluid density, ρ	Kg/m ³	
११	Acceleration due to gravity (g)	m/sec ³	
१२	Hydraulic power = Q*(h _{dis} -h _{suc})* ρ * g/1000	kW	
१३	Shaft Power (P _s) = Hydraulic power/pump efficiency, η	kW	
१४	Electrical Input Power = Shaft Power/ motor efficiency, η	kW	

Annex 11: पंखा गणना

Rated Fan specifications

Parameter	Unit	Values
Make		
Type (axial/centrifugal) (Backward curve/forward curve)		
Discharge flow	m ³ /hr	
Total head developed	mWC	
Name of fluid medium handled		
Temperature of fluid medium handled	°C	
Density of fluid handled	Kg/NM ³	
Dust concentration	mg/Nm ³	
Flow control type		
Flow control range	%	
Fan input power	kW	
Fan speed	RPM	
Fan efficiency	%	
Specific power consumption	kW/(m ³ /hr)	
Fan motor		
Rated power	kW	
Full-load current	amps	
Voltage	volts	
Power factor	pf	
Speed	RPM	
Frequency	Hz	
Efficiency	%	

Fan Operating parameters and performance

SN	Parameter	Unit	Values
१	Fluid (medium) flow (Q) (measured using pitot tube at fan discharge)	m ³ /sec	
२	For suction pressure (measured at fan inlet using U-tube manometer)	mmWC	
३	For discharge pressure (measured at fan discharge using U-tube manometer)	mmWC	
४	Total head developed (TDH) [3–4/1000]	mWC	
५	Temperature of fluid medium (measured at fan inlet using a thermometer)	°C	
६	Density of fluid medium handled (r) (taken from standard data and corrected to operating temperature/pressure conditions)	kg/m ³	
७	Motor input power (P) measured at motor terminals or switchgear using panel or portable energy meter/power analyzer	kW	
८	Frequency	Hz	
९	Combined efficiency (fan + motor) $\{(Q \times r) (9.81) (TDH/r) \times 100\} / P \times 1000$	%	
१०	Fan efficiency = (Combined efficiency x 100) / Motor efficiency	%	
११	% Motor loading w.r.t rated power	%	
१२	% Motor loading w.r.t rated capacity	%	
१३	% Motor loading w.r.t rated head	%	
१४	Specific power consumption	kW/(m ³ /hr)	

Annex 12: कुलिङ टावरको कार्यक्षमता

The important parameters, from the point of determining the performance of cooling towers, are:

- i. "Range" is the difference between the cooling tower water inlet and outlet temperature.
- ii. "Approach" is the difference between the cooling tower outlet cold water temperature and ambient wet bulb temperature. Although, both range and approach should be monitored, the 'Approach' is a better indicator of cooling tower performance. Cooling tower effectiveness (in percentage) is the ratio of range, to the ideal range, i.e., difference between cooling water inlet temperature and ambient wet bulb temperature, or in other words it is = Range / (Range + Approach).
- iii. Cooling capacity is the heat rejected in kCal/hr or TR, given as product of mass flow rate of water, specific heat and temperature difference.
- iv. Evaporation loss is the water quantity evaporated for cooling duty and, theoretically, for every 1000000 kCal heat rejected, evaporation quantity works out to 1.8 m^3 . An empirical relation used often is:
 - a. Evaporation Loss (m^3/hr) = $0.00085 \times 1.8 \times \text{circulation rate} (\text{m}^3/\text{hr}) \times (T_1 - T_2)$
 - b. $T_1 - T_2$ = Temperature difference between inlet and outlet water.

Source: Perry's Chemical Engineers Handbook

- v. Cycles of concentration (C.O.C) is the ratio of dissolved solids in circulating water to the dissolved solids in make-up water.
- vi. Blow down losses depend upon cycles of concentration and the evaporation losses and is given by relation:
 - c. Blow Down = Evaporation Loss / (C.O.C. - 1)
- vii. Liquid/Gas (L/G) ratio, of a cooling tower is the ratio between the water and the air mass flow rates. Against design values, seasonal variations require adjustment and tuning of water and air flow rates to get the best cooling tower effectiveness through measures like water box loading changes, blade angle adjustments.

Thermodynamics also dictate that the heat removed from the water must be equal to the heat absorbed by the surrounding air:

$$L (T_1 - T_2) = G (h_2 - h_1); L/G = (h_2 - h_1) / (T_1 - T_2)$$

Where:

L/G = liquid to gas mass flow ratio (kg/kg).

T_1 = hot water temperature ($^{\circ}\text{C}$).

T_2 = cold water temperature ($^{\circ}\text{C}$).

h_2 = enthalpy of air-water vapour mixture at exhaust wet-bulb temperature.

h_1 = enthalpy of air-water vapour mixture at inlet wet-bulb temperature.

Annex 13: ऊर्जा परिक्षण संचालनको लागि नमुना माइन्युट

ऊर्जा परिक्षण बैठकको लागि माइन्युट

मिति:

शुरुवात:

(बैठक मिति, बैठक स्थान र कसले बोलाएको थियो) ।

उपस्थिति:

१.

२.

३.

..

अनुपस्थित:

१.

२.

प्रस्तावहरू:

एजेण्डा १.

एजेण्डा २.

निर्णयहरू:

१:

२:

निष्कर्ष:

Annex 14: सन्दर्भसूची

American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2009, Energy Assessment for Steam Systems. [http://catalog.asme.org/Codes/PrintBook/EA २ 2009](http://catalog.asme.org/Codes/PrintBook/EA_2009)

Asian Productivity Organization (APO), 2008, Working manual on energy auditing in industry. <http://www.apo-tokyo.org/00e->

Banker Association of Nepal. 2019, Introduction of Commercial Bank in Nepal. www.nepalbankers.com.np

BEE-ECO-III Benchmarking Study, 2009, India https://eta.lbl.gov/sites/all/files/seminars/eco-iii_presentation

Bureau of Energy Efficiency-India (BEE), 2010, India, General Aspect of Energy Management.

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2001, Boilers and Heaters, Improving Energy-efficiency. Natural Resources Canada, Office of Energy-efficiency, Ottawa, Ontario, Canada.

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2002, Energy Efficiency Planning and Management Guide.

Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC), 2009, Energy benchmarking and best practices guidebooks. <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/infosource>

Department of Health Service (DOHS), 2019, Medical Facilities in Nepal, www.dohs.gov.np

Department of Tourism (DOT), 2019, Hotel Sectors in India, www.tourismdepartment.gov.in

BEE, 2019, India Energy Audit- Chapter 3. Energy management and audit. www.beeindia.nic.in

Energy Efficiency Center/ Federation of Nepalese Chambers of Commerce and Industry/Publications, 2015. www.eec-fncci.org

Energy Synopsis Report, WECS, 2010. www.wecs.gov.np

EEC, 2015, Fact sheet – hotels. www.eec-fncci.org

Hotel Association of Nepal, 2019, Hotel Sectors in Nepal. www.hotelassociation.org.np

Ministry of Culture, Tourism and Civil Aviation/Department of Tourism/Nepal Tourist Strategy. 2019. www.tourism.gov.np

Morvay, Z.K. and Gvozdenac, D.D., 2008. Applied Industrial Energy and Environmental management. John Wiley & Sons Ltd. UK.

NEA, 2019, Nepal Electricity Authority/Consumers/Tariff Rates. www.nea.org.np

Nepal Rastra Bank (NRB), 2019. Commercial Bank in Nepal. www.nrb.org.np

The Kathmandu Post, 2019/02/22, <https://kathmandupost.com/money/2019/02/22>

U.S. Department of Energy's Building Technologies Program (US DOE BTP), 2009. <http://www1.eere.energy.gov/buildings/technologies>

United Nations Environmental Program (UNEP), 2006. Energy Efficiency Guide for Industry in Asia. www.energyefficiencyasia.org