

کاهش ضایعات PVC در شرکت بسپاران با استفاده از متدلوژی شش سیگما

سعید باقدم - فهیمه رشیدی

خوزستان مجتمع پتروشیمی بندر امام، دفتر مرکزی، طبقه دوم اتاق ۲۲۲. اداره تضمین کیفیت.

۰۶۵۲۲۵۵-۲۶۳۱-۳۲

Fhrashidi@gmail.com

چکیده

واحد PVC شرکت بسپاران، بندر امام سه نوع فرآورده محصول PVC تولید می‌کند. که در جریان فرآیند تولید و بسته‌بندی بخشی از محصول به محصول نامرغوب تبدیل می‌شود که خود شامل سه نوع درجه یک، درجه دو و درجه سه می‌باشد. به منظور کاهش میزان هر سه نوع ضایعات PVC، دو پروژه با عنوان‌های کاهش ضایعات در بخش بسته‌بندی و انبار مربوط به کاهش ضایعات درجه دو، و کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی مربوط به کاهش ضایعات در هر سه درجه یک، دو و سه تعریف شد. پروژه‌های فوق بر مبنای رویکرد شش سیگما و با استفاده از متدلوژی DMAIC با تشکیل دو گروه حل مسأله انجام شدند. در بحث کاهش ضایعات، میزان ضایعات قبل از پروژه، 3.26%، هدف تعریف شده برای پروژه، 2.45% و هدف حاصله در انتهای پروژه، 1.15% می‌باشد. مجموع صرفه جویی سالیانه کل پروژه با در نظر گرفتن قیمت فروش محصول نامرغوب معادل ۵۳۲۵۳۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کاهش ضایعات، PVC، بندر امام، محصول، شش سیگما، DMAIC، صرفه‌جویی سالیانه.

۱- مقدمه

پروژه کاهش ضایعات واحد PVC شرکت بسپاران بندر امام بر مبنای رویکرد شش سیگما و با استفاده از متدولوژی DMAIC در مرداد ماه ۸۳ آغاز گردید و در بهمن ماه همان سال به اتمام رسید. پس از ارزیابی‌های اولیه به منظور اجرای پروژه کاهش میزان ضایعات PVC در شرکت بسپاران، تعداد دو پروژه با محور کاهش ضایعات تعریف گردید. در ذیل مشخصات پروژه های انتخاب شده معرفی می‌گردد.

جدول (۱): پروژه های تعریف شده هدف تعریف

عنوان پروژه	هدف پروژه
کاهش میزان ضایعات در بخش بسته بندی و انبار	کاهش میزان ضایعات Off1, Off2, Off3 که در حین فرآیندهای بسته بندی، انتقال و انبار به وجود می آید.
کاهش میزان ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی	کاهش میزان ضایعات Off1, Off2, Off3 که در حین تولید در فرآیندهای میانی و جانبی به وجود می آید.

شناسایی و ارزیابی جهت انتخاب تیمهای پروژه انجام شد که جهت انجام این مهم نیروهای انسانی بالقوه و مهارتهای و آموزشهای آنها به منظور انتخاب افراد مناسب بررسی گردید.

انجام ارزیابی های اولیه سیستم تولید واحد PVC و شناخت مسایل بالقوه، مشخص نمودن مسائل شش سیگمای این واحد را میسر نمود. در گام بعدی از روش DMAIC و با استفاده از ابزارهای متفاوت به تعریف کامل مسایل و مشخص نمودن محدوده، برنامه زمانی اجرا و منابع لازم هر مساله پرداخته شد.

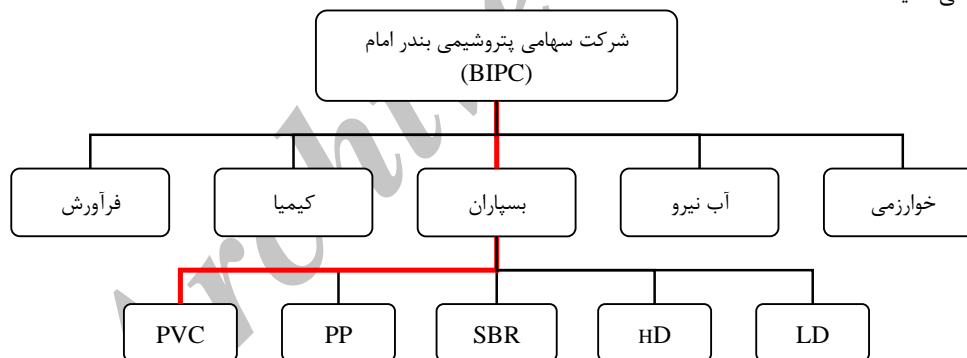
در فاز تعریف عواید ناشی از اجرای پروژه ها مشخص گردید همچنین نظرات مشتریان و تشخیص موارد بحرانی کیفیت انجام گردید. در فاز تعریف پارامترهای مهم مسأله و طراحی سیستم جمع آوری داده ها مشخص گردید سپس پارامترهای مذکور اندازه گیری و اطلاعات مرتبط جمع آوری گردید. نمایش گرافیکی داده های جمع آوری شده انجام و سطح سیگمای اولیه مسائل به عنوان نقطه آغازین پروژه انجام شد. در فاز تحلیل تیم وارد جزئیات شد و درک خود را از فرآیند و مسأله افزایش داد. هدف اصلی تیم در مرحله تجزیه و تحلیل، یافتن علل ریشه ای است. که با تشکیل جلسات متعدد طوفان فکری تلاش خود برای رسیدن به عوامل ریشه را انجام دادند. تا زمانی که علت ریشه ای درست تعیین نشده باشد و نیز با داده ها تصدیق نگردد، سیکل تحلیل همچنان ادامه دارد.

در فاز بهبود ایده های فراوانی جهت حل مسایل مطرح شد و از بین ایده های مطرح شده، ایده های مناسب از جهت سهولت، هزینه اجرا و اثر بخش بودن انتخاب گردید و سپس به صورت آزمایشی اجرا و موثر بودن راه حلها انتخاب شده بررسی و بهبودهای لازم به صورت فراگیر در سیستم به اجرا شد.

در فاز کنترل تیم بهبودهای صورت گرفته را به دو صورت کنترل کرد یکی با مستند کردن بهبودهای صورت گرفته در پروژه و دیگری با توسعه یک فرآیند پایش جهت پیگیری تغییرات اعمال شده. در نهایت عواید اقتصادی پروژه و صرفه جوی های سالیانه محاسبه گردید.

۲- شرح مختصری از واحد PVC شرکت بسپاران

شرکت سهامی پتروشیمی بندرامام به عنوان یکی از بزرگترین مجتمع های تولیدی صنایع پتروشیمی در سطح کشوری باشد. این مجتمع از پنج شرکت فرآورش، کیمیا، بسپاران، آب نیرو و خوارزمی تشکیل شده است که چهار شرکت آن تولیدی و شرکت خوارزمی فعالیتهای خدماتی را ارائه می نماید.



شکل (۱): نمودار سازمانی شرکت سهامی پتروشیمی بندر امام

۱-۲- واحد پلی وینیل کلراید PVC (Poly Vinyl Chloride)

این واحد تحت لیسانس شرکت آلمانی HULS طراحی و در سال ۱۳۷۳ مورد بهره برداری قرار گرفت. در این واحد، منومر وینیل کلراید، تحت واکنش های کنترل شده ای به پلی وینیل کلراید (PVC) تبدیل می شود. تکنولوژی تولید محصول PVC از نوع سوسپانسیون و بصورت غیر پیوسته می باشد. عملیات پلیمریزاسیون توسط ۴ راکتور بزرگ صورت می گیرد. ظرفیت طراحی شده تولید این واحد ۱۷۵۰۰۰ تن در سال که شامل ۶ نوع فرآورده مختلف S8054 - S7054 - S6858 - S6558 - S6058 می باشد:

در جریان فرآیند محصول، بخش اندکی نیز بعنوان ضایعات بدست می آید که به صورت توده غیر بسته بندی شده عرضه می شود این ضایعات دارای مصارف معینی است.

پلی وینیل کلراید دارای کاربرد های بسیار از جمله تولید انواع لوله، پوشاک، عایقهای الکتریکی، اسباب بازی، شیلنگ، صنایع آرایشی، بهداشتی و غیره می باشد. واحد PVC شامل بخشهای ذیل است:

بخش ۱۰۰: در این قسمت محلول سازی و آماده سازی مواد جهت شارژ به راکتور صورت می گیرد

بخش ۲۰۰: این قسمت قلب واحد بوده و در آن ۴ راکتور به حجم ۲۰۰ متر مکعب قرار دارد. مواد آماده شده در بخش ۱۰۰ طبق برنامه کامپیوتری DCS به مقادیر مشخص و در زمانهای معین وارد راکتور می‌شوند و واکنش که بصورت ناپیوسته می‌باشد آغاز می‌گردد. واکنش باید در دما و فشار معینی صورت گیرد تا پلیمر مورد نظر تهیه گردد.

بخش ۳۰۰: در این قسمت سوسپانسیون ساخته شده درون راکتورها که حاوی مقادیری VCM می‌باشد توسط عمل گرمایش درون برج های گاززدایی، مقدار گاز VCM محبوس شده درون ذرات PVC آزاد شده و سوسپانسیون بدون گاز به بخش ۴۰۰ فرستاده می‌شود. بخش ۴۰۰: در این قسمت سوسپانسیون بدون گاز، ابتدا توسط سانتریفیوژ آبیگری شده سپس PVC مرطوب وارد خشک کننده می‌گردد. در آنجا در اثر تماس با هوای گرم و پانل‌های آب گرم رطوبت خود را از دست داده و خشک می‌گردد سپس این پودر خشک غربال و به سمت تست سیلوهای بخش ۶۰۰ فرستاده می‌شود.

بخش ۵۰۰: در این قسمت گازهای VCM ارسالی از بقیه قسمت‌های واحد در دو مرحله کمپرس گردیده و توسط مبدل‌های آب خنک کننده و آب سرد به مایع VCM تبدیل می‌شود و دوباره همراه با VCM مایع ارسالی از واحد VC مخلوط گردیده و به راکتورها شارژ می‌گردند.

بخش ۶۰۰: پودر جمع‌آوری شده در یک تست سیلو پس از اتمام آزمایش‌های لازم در صورتی که در محدوده مجاز مشخصات قرار داشت به عنوان محصول منطبق مشخص و به سیلوهای ذخیره منتقل می‌گردد سپس از سیلوهای ذخیره به سیلوهای بسته‌بندی منتقل شده و در ۳ خط تولید اقدام به بسته‌بندی آنها می‌گردد.

بخش ۷۰۰: آب خنک کننده (Cooling Water) و آب سرد (Chilled Water) مورد نیاز تمامی قسمت‌های واحد در این بخش تهیه می‌شود.

بخش ۹۰۰: تمامی آب‌های زاید بخش‌های مختلف واحد پس از انجام عملیات گاززدایی به این قسمت وارد می‌گردند. این پساب حاوی مقادیری پودر PVC می‌باشد که لازم است با عملیات لخته سازی و فیلتراسیون از آب جدا شده و آب عاری از پودر PVC به سمت Sewer هدایت گردد.

۳- پروژه کاهش میزان ضایعات در بخش بسته بندی و انبار

۳-۱- فاز تعریف (Define)

در این مرحله که در اصطلاح به فاز تعریف معروف می‌باشد عواید ناشی از اجرای پروژه‌های شش سیگما مشخص می‌گردد. همچنین جمع‌آوری نظرات مشتریان و تشخیص موارد بحرانی کیفیت از دیگر اقداماتی است که در این فاز صورت می‌گیرد.

۳-۱-۱- تدوین منشور پروژه و عواید اقتصادی ناشی از مسایل تعریف شده

در حقیقت منشور پروژه علاوه بر ثبت کردن مشخصات مسایل شش سیگما، قراری است بین اعضای تیم، حامی و مدیر ارشد پروژه جهت حل مسائل توسط اعضای تیم و تامین منابع از سوی حامی و مدیر ارشد پروژه که با تایید حامی و مدیر پروژه، رسمیت می‌یابد. توجیه اقتصادی هر مساله با استفاده از Business Case نشان داده می‌شود.

جدول (۲): منشور پروژه (Project Charter)

منشور پروژه (Project Charter)						
عنوان پروژه: کاهش میزان ضایعات در قسمت بسته بندی و انبار PVC						
اعضای تیم پروژه				پیش زمینه و دلایل تعریف پروژه: بالا بودن میزان ضایعات در قسمت بسته بندی و انبار علاوه بر کاهش تولید، ایجاد ضایعات و افزایش قیمت تمام شده، باعث آلودگی های زیست محیطی نیز می شود.		
ردیف	نام	سمت سازمانی	نوع عضویت	ملاحظات		
۱	عبدالحسن بیژن منش	رئیس انبار و بسته بندی PVC	سرپرست تیم		هدف پروژه (وضعیت موجود و هدف آتی): کاهش ۲۰ درصد از ضایعات Off2	
۲	مهدی خیرکمان	کارشناس ابزار دقیق PVC	عضو اصلی		اثرات مالی پروژه: کاهش ضایعات (Off2) بیش از ۴۰ تن در سال	
۳	قدرت الله محسنی	کارشناس تضمین کیفیت	عضو اصلی		زمان بندی کلی پروژه	
۴	شهرام لعالی	رئیس کارگاه شرکت یار دریا	عضو اصلی		مرحله	زمان پایان
۵	ایمان مهاجر	سرپرست بسته بندی	عضو اصلی		زمان شروع	
۶	هومن نقشینه	بخش تعمیرات	عضو اصلی			
۷						
ردیف	CTQ	تعریف Defect	Kano	Define	۸۳/۰۵/۲۰	۸۳/۰۶/۲۵
۱	میزان ضایعات Off2	هر مقدار Off2	Performance	Measure	۸۳/۰۶/۲۵	۸۳/۰۸/۰۱
۲			Performance	Analyze	۸۳/۰۸/۰۱	۸۳/۰۹/۰۱
۳				Improve	۸۳/۰۹/۰۱	۸۳/۱۰/۱۰
۴				Control	۸۳/۱۰/۱۰	۸۳/۱۱/۱۰

۳-۱-۲ تهیه نمودار SIPOC

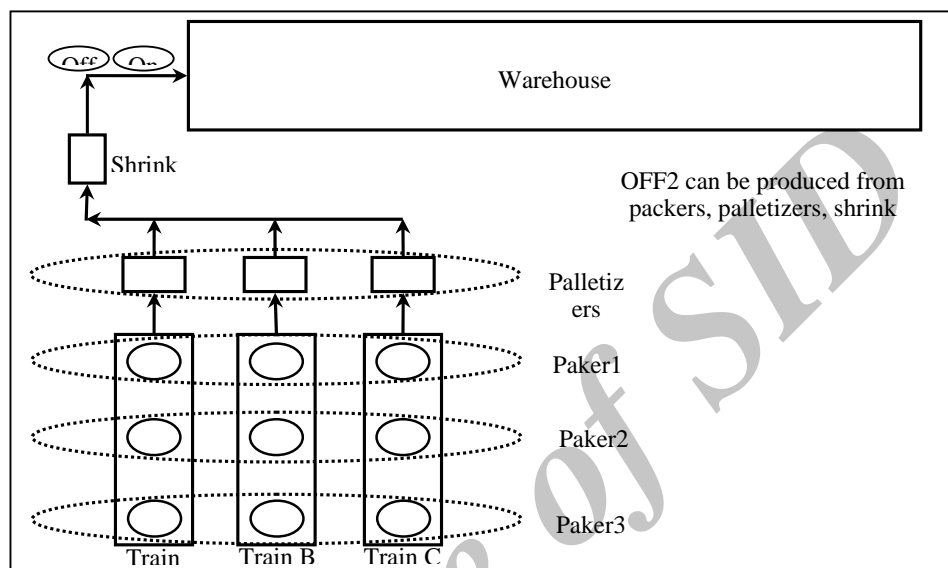
پس از تعریف و مشخص نمودن مسایل به منظور مشخص کردن محدوده هر مساله و همچنین نمایش حوزه ها و فرآیندهای مرتبط با مسایل از نمودار SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customer) استفاده می گردد. این نمودار علاوه بر مشخص کردن حوزه ها، ورودیها مرتبط با مساله، تامین کنندگان هر ورودی، خروجی را نشان می دهد. استفاده از نمودار بلوکی جهت نمایش گرافیکی حوزه مسایل عملکرد نمودار SIPOC را بهبود می بخشد.

جدول (۳): نمودار SIPOC پروژه کاهش ضایعات در قسمت بسته بندی و انبار

SIPOC

تأمین کننده گان (Suppliers)	ورودیها (Inputs)	فرآیند (Process)	خروجیها (OutPuts)	مشتریان (Customers)
واحد بهره برداری	محصول On در گریدهای: S7054 S6554 S6558 S6858 S6058 S8054	بسته بندی و	محصول بسته بندی شده On در گریدهای: S7054 S6554 S6558 S6858 S6058 S8054	واحد بازرگانی پتروشیمی
واحد بهره برداری واحد بهره برداری واحد بهره برداری	ضایعات Off1 ضایعات Off2 ضایعات Off3		ضایعات بسته بندی شده Off1 ضایعات بسته بندی شده Off2 ضایعات بسته بندی شده Off3	مشتری خارجی مشتری خارجی مشتری خارجی

فرانشاخ اسپانیا سلسله خرمشهر نارنجوان تهران شرکت ملکبان پلاستیک فیلم تبریز B&K عربستان	پاکت پالت فیلم			
--	----------------------	--	--	--



شکل (۲): نمودار بلوکی پروژه کاهش ضایعات در قسمت بسته بندی و انبار

۳-۱-۳ جمع آوری نظرات مشتریان

به منظور بررسی نظرات مشتریان شکایات رسیده به بخش بازرگانی مربوط به کل واحد در مدت یک سال جمع آوری، بررسی و خلاصه گردیده است. که برای نمونه در جدول شماره (۴) آمده است.

جدول (۴): جمع بندی شکایات مشتریان در خصوص محصول PVC در سال ۸۲

ردیف	مشخصات مشتری WHO	ندای مشتری VOC	تاریخ	مشخصات محموله	مقدار
۱	شرکت تولیدی گرانول قزوین	کسری وزن	۸۲/۰۵/۱۸	شماره حواله ۸۲۰۲۷	نامعلوم
۲	شرکت تولیدی گرانول قزوین	کسری وزن	۸۲/۰۸/۰۳	هست محموله PJ-8027	۸۷۹
۳	کارخانه حسن رحیمی نامی	کسری وزن	۸۲/۱۰/۰۴	۹ محموله	۵۵۶

۳-۱-۴ نمودار درختی و تعریف CTQ

نمودار درختی CTQ ابزاری است که ندای مشتری را به نیازمندیهای کیفی محصول تبدیل می کند.

جدول (۵): جدول تعریف CTQهای مرتبط با پروژه کاهش میزان ضایعات انبار و بسته بندی

VOC	Derivers	CTQ	Measure	Defect	Kano Status
کاهش میزان ضایعات در بخش بسته بندی و انبار	بخش بسته بندی و انبار	میزان ضایعات Off2	جرم (بر حسب تن)	Off2 هر مقدار	Performance

۳-۲-۲ فاز Measure

هدف از این فاز مشخص نمودن پارامترهای مهم مساله، طراحی سیستم جمع آوری اطلاعات مرتبط با پارامترهای مذکور و همچنین اندازه

گیری و جمع آوری اطلاعات می باشد. نمایش گرافیکی اطلاعات جمع آوری شده و محاسبه سطح سیگمای اولیه مسائل تعریف شده به عنوان نقطه آغازین پروژه نیز در این فاز انجام می گیرد.

۳-۲-۱ تعیین متغیرهای قابل اندازه گیری در مراحل ورودی، فرآیند و خروجی پروژه.

یکی از اقدامات مهم در فاز اندازه گیری مشخص نمودن متغیرهای مراحل ورودی، فرآیند و خروجی می باشد. متغیرهای حاصل از این مرحله که معمولا با استفاده از تکنیک IPO (Input-Process-Output) استخراج، اندازه گیری و اطلاعات مرتبط با آنها در طول زمان ثبت می گردد.

جدول (۶): متغیرهای ورودی - فرآیند - خروجی مساله کاهش ضایعات در انبار و بسته بندی

متغیرهای ورودی (Input)	متغیرهای فرایندی (Process)	متغیرهای خارجی (Output)
میزان تولید محصول ON به تفکیک هر گرید جنس پاکت جنس پالت فیلم شریک میزان تولید محصول OFF1	میزان عمر جوینتهای پکرها میزان عمر جوینتهای سکوئیز ولو زمانهای تعمیرات دوره ای مشخصات اپراتورهای بسته بندی عملکرد تعمیرات عملکرد سرشيفت	میزان محصول ON بسته بندی شده میزان محصول OFF1 بسته بندی شده میزان تولید محصول OFF2 در قسمت

۳-۲-۲ تدوین طرح و فرم جمع آوری داده ها.

متغیرهای استخراج شده از لیست IPO را می توان به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول. متغیرهایی که اطلاعات آنها در فرمها یا بانکهای اطلاعاتی ذخیره می گردد. دسته دوم. متغیرهایی که اطلاعات آنها ثبت نگردیده و برای ثبت اطلاعات آنها فرمتی وجود ندارد. از آنجایی که در فاز تحلیل به اطلاعات هر دو دسته نیاز می باشد، طراحی یک طرح جمع آوری داده ها (Data Collection Plan) در این مرحله لازم به نظر می رسد. از این رو با استخراج نمودن متغیرهای دسته دوم و با استفاده از تجربه کارشناسان فرآیند فرمهایی جهت ثبت و جمع آوری اطلاعات این متغیرها طراحی گردید.

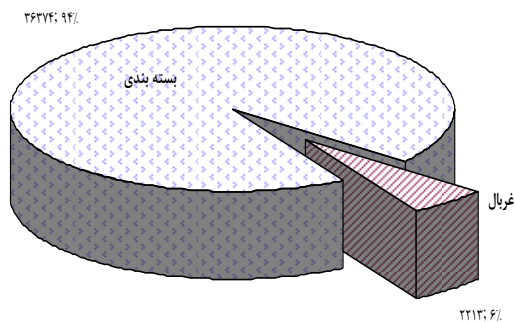
فرم مشخصات محصول تولیدی نا منطبق درجه ۲

منبع ایجاد	وزن بیگ بگ	پایان پر شدن بیگ بگ		شروع پر شدن بیگ بگ		تاریخ تکمیل فرم	ردیف
		تاریخ	ساعت	تاریخ	ساعت		
بسته بندی	غرهال						

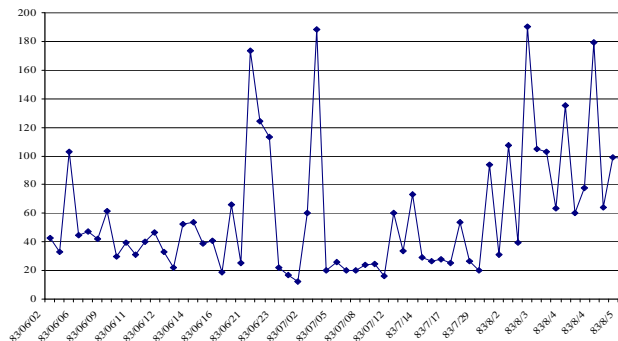
شکل (۳): فرم مشخصات محصول نامنطبق درجه ۲

۳-۲-۳ ترسیم نمودار آماری برای نمایش وضعیت فعلی فرآیند.

بیشترین مقدار ضایعات درجه ۲ در قسمت بسته بندی و انبار تولید می شود که شکل (۴) و (۵) این مطلب را نشان می دهد.



شکل (۵): نمودار دایره ای میزان تولید Off2 به تفکیک منبع تولیدی بر حسب کیلو گرم (از ۶/۲ الی ۸/۵)



شکل (۴): نمودار متوسط میزان Off2 در هر ساعت در قسمت بسته بندی

۳-۲-۴ محاسبه سطح سیگما قبل از انجام تحلیل و بهبودهای پروژه.

مشخص نمودن مقادیر سطح سیگمای اولیه قبل از انجام تحلیلها و بهبودهای لازم می تواند علاوه بر نشان دادن وضعیت فعلی، معیاری مناسب برای نشان دادن تاثیر تحلیلها و اقدامات بهبود دهنده و در نهایت موفقیت در اجرای پروژه باشد.

جدول (۷): محاسبه سطح سیگمای اولیه مساله کاهش ضایعات در انبار و بسته بندی

سطح سیگما	Part Per Million	درصد ضایعات	نوع ضایعات
۴,۴۰	۱۸۷۳,۹۶	٪۰,۱۸۷۳۹۶۳۶	Off2

۳-۳-۳ فاز Analyze.

در فاز تحلیل تیم وارد جزئیات شده و درک خود را از فرآیند و مسأله افزایش داد. هدف اصلی تیم در مرحله تجزیه و تحلیل، یافتن علل ریشه ای است.

با برگزاری جلسات متعدد با حضور اعضای تیم عوامل بوجود آورنده ضایعات تحلیل گردید.

۳-۳-۱ ریزش پودر PVC در قسمت لوله های انتقال دهنده در پر کن.

پس از بررسیهایی که بر علل بوجود آورنده، Off2 انجام گرفت، مشخص شد که لوله های انتقال دهنده PVC پلاستیکی بوده و به مرور زمان دچار پارگی می گردد. این پارگی سبب ریزش پودر در زیر هر پکر می شود. تمامی این پودرهای ریخته شده جزء ضایعات از نوع Off2 قرار می گیرد شکل (۶).

۳-۳-۲ پارگی کیسه ها به علت تیزی آرایش دهنده ها

پارگی پاکتهای در حین فرآیند بسته بندی یکی دیگر از علت های تولید ضایعات Off2 می باشد. در این فرآیند اگر پاکتی پاره شود تمام محتوای آن جزء ضایعات Off2 قرار می گیرد. با کمک نمودار تمرکز نقصها مشخص شد که درصد زیادی از پارگی ها، در گوشه های پاکت می باشد. که اصلی ترین عامل بوجود آورنده آن تیزی آرایش دهنده ها می باشد شکل (۷) و (۸).



شکل (۸): پارگی کیسه ها به علت تیزی آرایش دهنده ها



شکل (۷): نمودار تمرکز نقص



شکل (۶): ریزش پودر PVC در لوله های انتقال دهنده پر کن

۳-۴- Improve فاز

در این فاز ایده ها جهت حل مسایل مطرح می گردد و از بین ایده های مطرح شده، ایده های مناسب از جهت سهولت، هزینه اجرا و اثر بخش بودن انتخاب می گردد سپس به صورت آزمایشی اجرا و موثر بودن راه حلها انتخاب شده بررسی می گردد. بهبودهای لازم به صورت فراگیر در سیستم به اجرا در می آید.

بهبودهای صورت گرفته در پروژه کاهش ضایعات بخش بسته بندی و انبار عبارت است از:

۳-۴-۱ استیل نمودن پکرهای بسته بندی

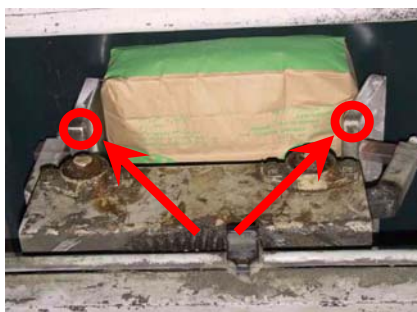
تعویض لوله های پلاستیکی انتقال دهنده PVC با لوله های از جنس استیل جهت جلوگیری از آسیب لوله ها به مرور زمان شکل (۹).

۳-۴-۲ خم کاری باله های آرایش دهنده ها به منظور جلوگیری از پارگی کیسه ها

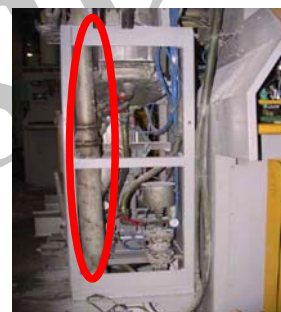
برای رفع مشکل پارگی پاکتها در اثر تیزی آرایش دهنده ها، تصمیم به خم کاری باله های آرایش دهنده ها گرفته شد. اجرای آزمایشی این اقدام نیز موثر بوده و کاهش میزان پارگی پاکتها و تولید ضایعات کمتر را نشان داد شکل (۱۰).



شکل (۱۱): استفاده از سینی جهت جمع آوری مقادیر Off2



شکل (۱۰): خم کاری باله های آرایش دهنده



شکل (۹): استیل نمودن پکرهای بسته بندی

۳-۴-۳ جمع آوری مقادیر Off2 در زیر هر پکر در انتهای هر شیفت با استفاده از سینی فلزی

تحلیلهای انجام شده روی علت بوجود آمدن Off2 این نکته را مشخص کرد که یکی از عوامل تبدیل محصول On به Off2 در واحد بسته بندی، عدم دقت اپراتورها در مرحله بسته بندی است. به همین دلیل تصمیم گرفته شد که با استفاده از سینی هایی میزان ضایعات Off2 در هر شیفت جمع آوری و اندازه گیری شود. تا هر شیفت عملکرد روزانه خود را مشاهده کند شکل (۱۱).

۳-۵- Control فاز

سازمانها و فرآیندهایشان را می توان به کشرهای لاستیکی تشبیه کرد. شما می توانید بدون تلاش زیاد، شکل آنها را به انواع و اشکال جدید و جذاب تغییر دهید، اما به محض این که آنها را به حال خود واگذار می کنید، ناگهان در می روند و به شکل قبلی خود باز می گردند! جلوگیری از بازگشتن به سوی عادات و فرآیندهای گذشته، هدف اصلی مرحله کنترل که فاز نهایی متدولوژی DMAIC می باشد؛ است.

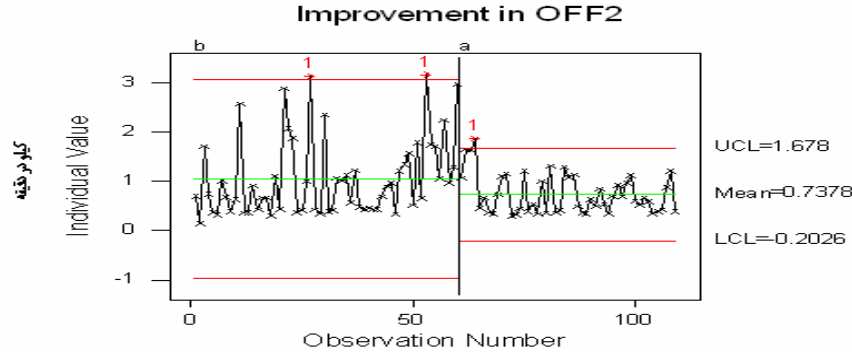
در این فاز تیمهای حل مساله با استفاده از اقدامات ذیل به کنترل بهبودهای صورت گرفته در مرحله قبل می پردازند. مستند کردن بهبودهای صورت گرفته در پروژه.

توسعه یک فرآیند پایش جهت پیگیری تغییرات اعمال شده.

۳-۵-۱ نمودار قبل و بعد (Before & After)

یکی از اقدامات مهم در فاز کنترل بررسی میزان تاثیر اقدامات انجام شده در فاز بهبود می باشد که این امر را می توان با نمودار کنترل قبل و بعد (Before & After) نشان داد.

همانطور که در شکل زیر مشخص است، علاوه بر کاهش متوسط مقادیر Off2 پراکندگی این مقادیر نیز کاهش پیدا کرده است و این شاهد بر موثر بودن اقدامات صورت گرفته در فاز بهبود می باشد.



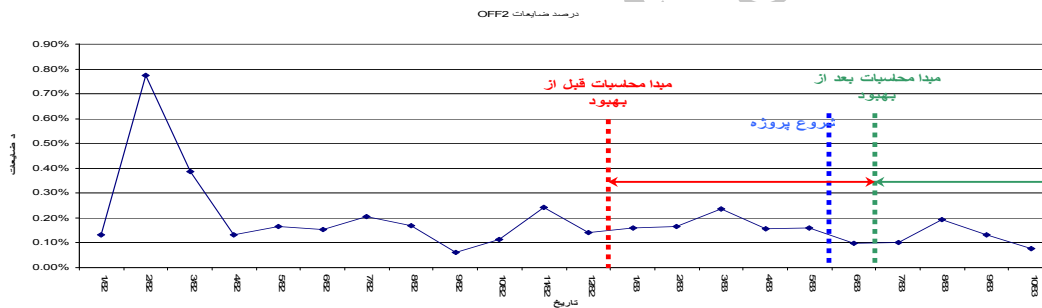
شکل (۱۲): نمودار Before & After مربوط به میزان Off2

۳-۵-۲ مستند سازی بهبودهای صورت گرفته در قالب دستور العمل

دستورالعمل پایش و کنترل ضایعات درجه ۲

برای کنترل ضایعات درجه ۲ فرم "مشخصات محصول نامنطبق درجه ۲" که منشع آن هم مشخص می گردد، تکمیل شود. نتایج این فرم در دو نمودار روندی منعکس گردد.

۳-۵-۳ پایش مقادیر Off2 با استفاده از نمودار دنباله



شکل (۱۳): نمودار دنباله درصد ضایعات Off2

۶-۶-۳ آزمون فرض جهت بررسی تاثیر اقدامات بهبود

برای اطمینان از کاهش میزان ضایعات پس از انجام بهبود از یک آزمون فرض برای پی بردن به اینکه آیا در میانگین ضایعات قبل و بعد از بهبود تفاوتی ایجاد شده است یا خیر؟، استفاده شد.

Two-sample T for off2-1

C5	N	Mean	StDev	SE Mean
After	49	0.738	0.403	0.058
Before	60	1.045	0.788	0.10

Difference = mu (a) - mu (b)

Estimate for difference: -0.308

95% upper bound for difference: -0.113

T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -2.63 P-Value = 0.005 DF = 91

در نتیجه اقدامات بهبود موثر بوده و متوسط ضایعات کاهش پیدا کرده است.

۳-۷-۳ محاسبات مورد نیاز پروژه کاهش ضایعات بسته بندی و انبار

۳-۷-۱ محاسبه میزان صرفه جویی سالیانه محصول

جدول (۸): محاسبه میزان صرفه جویی سالیانه پروژه کاهش ضایعات بسته بندی و انبار

مقدار	عنوان
٪۰,۱۰۴	درصد ضایعات OFF2 قبل از بهبود به کل تولید
٪۰,۰۷۴۶	درصد ضایعات OFF2 پس از بهبود به کل تولید (از ابتدای آذر تا ۲۳ دی)
٪۰,۰۲۹	میزان بهبود
تن $۱۷۰۰۰۰ \times ۰,۰۰۰۲۹ = ۵۰$	میزان صرفه جویی سالیانه

۳-۷-۲ محاسبه میزان عواید اقتصادی

میزان عواید اقتصادی در دو حالت محاسبه شد که به شرح زیر می باشد:

حالت اول. میزان عواید اقتصادی: (بدون در نظر گرفتن قیمت فروش off)

جدول (۹): محاسبه صرفه جویی اقتصادی (بدون در نظر گرفتن قیمت فروش Off2)

مقدار حاصله	عنوان
۸۸۱۰ ریال	قیمت فروش on
۵۰۰۰۰ کیلو در سال	میزان بهبود
ریال $۸۸۱۰ \times ۵۰۰۰۰ = ۴۴۰۵۰۰۰۰$	میزان صرفه جویی سالیانه

حالت دوم. میزان عواید اقتصادی: (با در نظر گرفتن قیمت فروش off)

جدول (۱۰): محاسبه صرفه جویی اقتصادی (با در نظر گرفتن قیمت فروش Off2)

مقدار حاصله	عنوان
۴۶۹۷ ریال	قیمت فروش off2
۸۸۱۰ ریال	قیمت فروش on
۴۱۱۳ ریال	اختلاف قیمت
۵۰۰۰۰ کیلو در سال	میزان بهبود
ریال $۴۱۱۳ \times ۵۰۰۰۰ = ۲۰۵۶۵۰۰۰۰$	میزان صرفه جویی سالیانه

۳-۷-۳ محاسبه سطح سیگما بعد از بهبود - پروژه کاهش ضایعات بسته بندی و انبار

درصد میزان بهبود: ۰,۲۹۳۸

سطح سیگمای حاصله: ۴,۶۸

سطح سیگمای قبل از بهبود: ۴,۴۰

۴- پروژه کاهش میزان ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی تولید PVC

۴-۱- Define فاز

۴-۱-۱ تدوین منشور پروژه و عواید اقتصادی ناشی از مسایل تعریف شده.

با توجه به اینکه منشور پروژه مشابه منشور پروژه قبلی می باشد در اینجا تنها به پیش زمینه و دلایل تعریف پروژه و هدف آن اکتفا می کنیم.

پیش زمینه و دلایل تعریف پروژه: بالا بودن میزان ضایعات علاوه بر کاهش تولید، ایجاد ضایعات و افزایش قیمت تمام شده، باعث آلودگی های زیست محیطی نیز می شود.

هدف پروژه (وضعیت موجود و هدف آتی): کاهش ۱۰ درصد از مجموع ضایعات کنونی Off3، Off1 و Off2 که معادل با کاهش کل ضایعات به میزان ۰/۳۰۸ درصد می باشد.

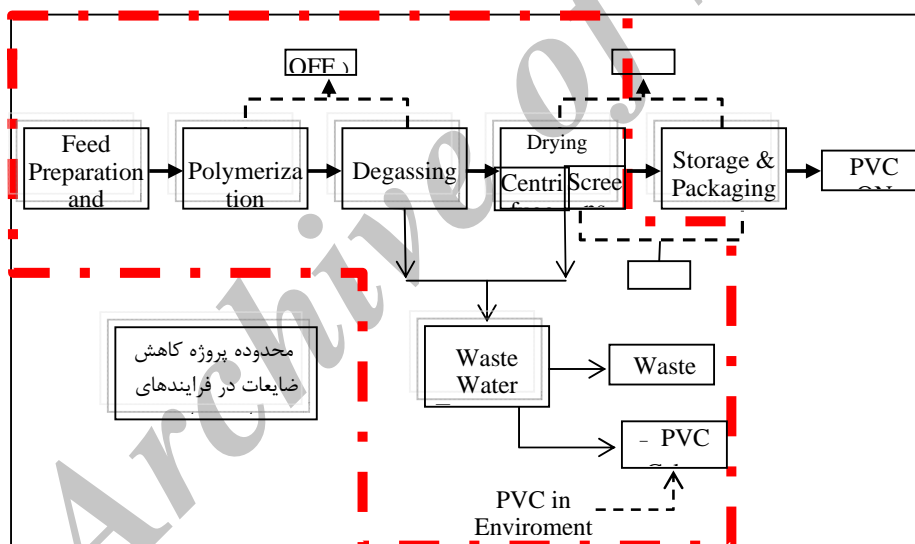
اثرات مالی پروژه: کاهش ضایعات (Off1، Off2) بیش از ۴۵۰ تن در سال

۴-۱-۲ تهیه نمودار SIPOC پروژه

جدول (۱۱): نمودار SIPOC پروژه کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی

SIPOC

تأمین کننده گان	ورودیها	فرآیند	خروجیها	مشتریان	
واحد VC ژاپن	VCM	فرآیندهای میانی و	محصول On در گریدهای:	واحد بسته بندی و انبار	
ژاپن و آمریکا	PVA		S7054	واحد بازرگانی پتروشیمی	
ژاپن	HPC/Klucelj		S6554		
آلمان - اتریش	HPMC		S6558		
آلمان - اتریش	ACT1		S6858		
آلمان	ACT2		S6058		
ایران - ایتالیا	Ca(OH)2		S8054		
واحد UT	Noxol/Paxol				
واحد UT	آب			ضایعات Off1	واحد بسته بندی و انبار
واحد UT	آب صنعتی			ضایعات Off2	
واحد UT	بخار		ضایعات Off3		
واحد UT	هوای ابزار دقیق			مشتری خارجی	
واحد UT	هوای صنعتی				



شکل (۱۴): نمودار بلوکی پروژه کاهش ضایعات تولید در فرآیندهای میانی و جانبی

۳-۱-۴ نمودار درختی و تعریف CTQ

جدول (۱۲): جدول تعریف CTQهای مرتبط پروژه کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی

VOC	Drivers	CTQ	Measure	Defect	Kano Status
کاهش میزان ضایعات در فرایندهای میانی و جانبی	گریدهای S7054 S6558 S6058	میزان ضایعات OFF1	جرم (برحسب تن)	هر مقدار OFF1	Performance
		میزان ضایعات OFF2	جرم (برحسب تن)	هر مقدار OFF2	Performance
		میزان ضایعات OFF3	جرم (برحسب تن)	هر مقدار OFF3	Performance

۴-۲- فاز Measure

۴-۲-۱ تعیین متغیرهای قابل اندازه گیری در مراحل ورودی، فرآیند و خروجی پروژه

جدول (۱۳): متغیرهای ورودی - فرآیند - خروجی پروژه کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی

متغیرهای ورودی (Input)	متغیرهای فرایندی (Process)	متغیرهای خارجی (Output)
مشخصات فنی VCM مشخصات فنی Span مشخصات فنی Activator مشخصات فنی آب DM مشخصات فنی HPC مشخصات فنی HPMC مشخصات فنی MYPC مشخصات فنی LP مشخصات فنی راشیگ	مشخصه های راکتور: دما، فشار، دور همزن، کیلو وات همزن، دمای کندانسور مشخصه های برج: دمای پایین برج، میزان بخار تزریقی به پایین برج، لول برج، میزان سوسپانس ورودی، میزان بخار تزریق به فیدینگ، فشار برج مشخصه های درایر: دمای مرحله اول درایر، دمای مرحله دوم درایر، فشار درایر، میزان هوای خارج شده، میزان هوای ورودی به درایر، میزان WET CAKE ورودی زمان و تعداد دفعات فلاش کردن راکتورها مجموع درصد ذرات محصول موجود در پساب به تفکیک مکان میزان تولید off2 در غربال	میزان تولید محصول ON از هر گرید تولیدی میزان تولید محصول OFF1 از هر گرید تولیدی به تفکیک مکان ایجاد علت تولید محصول OFF1 میزان تولید محصول OFF2 از هر گرید تولیدی میزان تولید محصول OFF3 از هر گرید تولیدی به تفکیک منبع ایجاد رطوبت تقریبی PVC-Cake میزان تولید از دست رفته تستهای آزمایشگاه شامل: Plastisizer/Kvalue Viscosity Sulphate Ash Bulk/Dark Dry Screen/Wet Screen Fish Eye/Flow Ability VCM Reside/Volatile

۴-۲-۲ تدوین طرح و فرم جمع آوری داده ها.

فرم مشخصات محصول نامنطبق درجه ۱

ردیف	تاریخ	علت عدم انطباق					علت عدم انطباق			
		K value	volatile	bulk densit	Dark resin	Dry screen	راه اندازی خشک کن	تخلیه خشک کن	GOSE	GOSEA

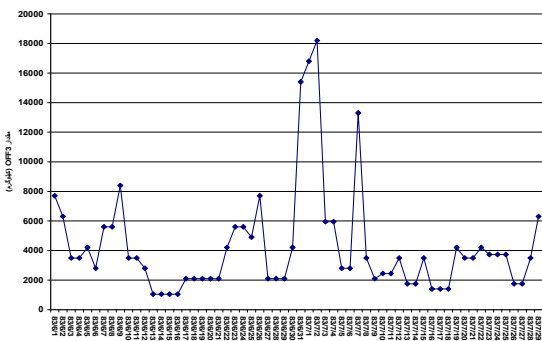
شکل (۱۵): فرم مشخصات محصول نامنطبق درجه ۱

فرم مشخصات محصول تولیدی نامنطبق درجه ۳ پروژه شش سیگما

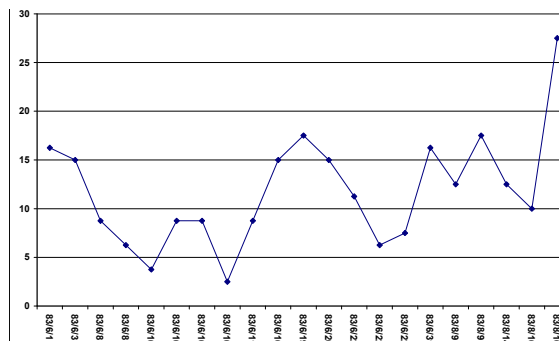
ردیف	تاریخ	منبع ایجاد	تعداد بیگ بیگ	وزن تقریبی	رطوبت تقریبی	نام و امضا		توضیحات
						تحویل دهنده	تایید کننده	
۱								

شکل (۱۶): فرم مشخصات محصول نامنطبق درجه ۳

۴-۲-۳ ترسیم نمودار آماری برای نمایش وضعیت فعلی فرآیند



شکل (۱۸): نمودار دنباله میزان تولید Off3 بر حسب تن (از ۱۶/۱ الی ۲۹/۷)



شکل (۱۷): نمودار دنباله میزان تولید Off1 بر حسب تن (از ۱۶/۱ الی ۱۸/۸)

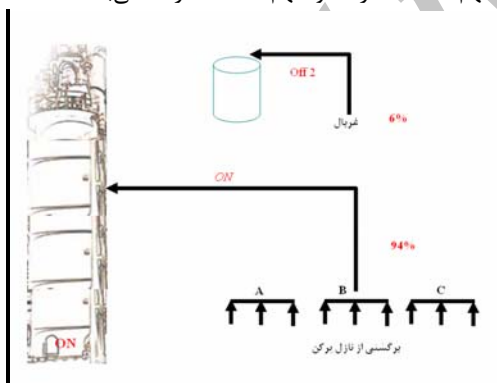
۴-۲-۴ محاسبه سطح سیگما قبل از انجام تحلیل و بهبودهای پروژه.

جدول (۱۴): جدول محاسبه سطح سیگمای اولیه پروژه کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی

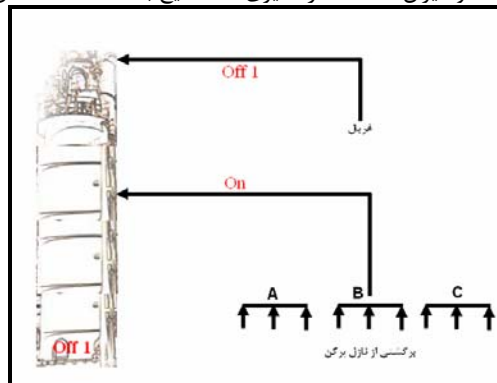
سطح سیگما	Million Part Per	درصد ضایعات	نوع ضایعات
۳,۷۶	۱۱۷۶۹,۲۵	٪۱,۱۷۶۹۳۵۶۴	OFF1
۳,۵۸	۱۸۹۵۹,۴۸	٪۱,۸۹۵۹۴۸۲۵	OFF3

۴-۳-۳ Analyze فاز

با برگزاری جلسه طوفان فکری و جمع آوری نظرات مشخص گردید که قسمتی از Off1 در قسمت بسته بندی تولید شده که ناشی از فرایند تولید نمی باشد. بررسیهایی انجام شد و تیم متوجه شد که مسیر Off1 جمع آوری شده در قسمت غربال با مسیر پودر بازگشتی از سر نازل که محصول On می باشد، یکسان بوده و با هم در یک سیلو ذخیره می گردد. این امر موجب Off1 شدن مقدار قابل توجهی محصول On می گردد. برای بررسی میزان سهم Off1 و On در سیلوی ذخیره، برای مدت کوتاهی مسیر Off1 ناشی از غربال به سیلو قطع شده و میزان Off1 اندازه گیری شد. نتایج به دست آمده نشان داد که سهم Off1 ۶ درصد و سهم On ۹۴ درصد می باشد.



شکل (۲۰): نمای سیستم جمع آوری Off1 و On



شکل (۱۹): ترکیب شدن محصول برگشتی On با Off1

۴-۴-۳ Improve فاز

۴-۴-۱ تغییر مسیر Off1 به منظور جلوگیری از آمیختگی با محصول On

جهت رسیدن به این هدف لوله Off1 از سمت غربال به صورت دائمی قطع و از این به بعد در بیگ ذخیره می گردد. در نتیجه پودر حاصل از قسمت غربال به ضایعات Off2 و پودر داخل سیلو به محصول On تبدیل گردید.

۴-۴-۲ جلوگیری از شستشوی اضافی سایت

۴-۴-۳ جمع آوری مقادیر Off2 در هنگام تمیز کاری در جهت جلوگیری از تبدیل به Off3.

۴-۵-۵ فاز Control

اقدامات صورت گرفته در فاز کنترل:

۴-۵-۱ استاندارد سازی بهبود با استفاده از مستند سازی دستورالعملها

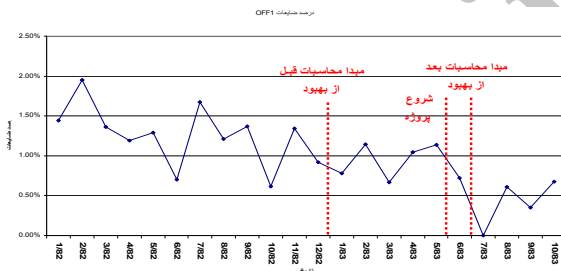
دستورالعمل پایش و کنترل ضایعات درجه ۱

جهت کنترل میزان ضایعات درجه ۱ فرم "مشخصات محصول نامنطبق درجه ۱" به همراه نمودار روند تکمیل گردد. اپراتور ناحیه ۶۰۰ در زمان ایجاد محصول نامنطبق درجه ۱، در فرم مورد نظر تاریخ را ثبت نموده و نوع سیلو را نیز معین می نماید. سپس علت عدم انطباق را مشخص نموده و بعد از تعیین وزن تقریبی ضایعات، اطلاعات تکمیل شده را با ثبت امضاء تأیید می نماید. نتایج این فرم بصورت هفتگی در نمودار روندی منعکس می گردد.

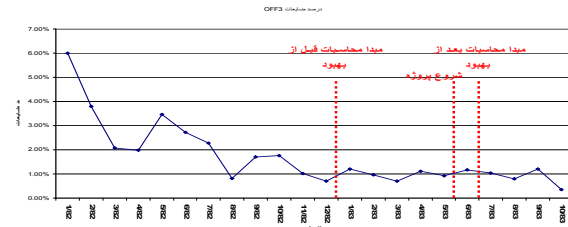
دستورالعمل پایش و کنترل ضایعات درجه ۲

برای کنترل ضایعات درجه ۲ فرم "مشخصات محصول نامنطبق درجه ۲" که منشع آن هم مشخص می گردد، تکمیل شود. نتایج این فرم در دو نمودار روندی منعکس گردد.

۴-۵-۲ پایش میزان ضایعات Off1 و Off3 با استفاده از نمودار دنباله



شکل (۲۲): نمودار دنباله درصد ضایعات Off1



شکل (۲۱): نمودار دنباله درصد ضایعات Off3

۴-۶- محاسبات مورد نیاز پروژه کاهش ضایعات فرآیندهای میانی و جانبی

۴-۶-۱ محاسبات مورد نیاز پروژه کاهش ضایعات فرآیندهای میانی و جانبی _ Off1

عوااید اقتصادی

جدول (۱۵): محاسبه میزان صرفه جویی سالیانه مربوط به Off1

مقدار	عنوان
٪ ۰/۸۸	درصد ضایعات Off1 در چهارماه ابتدای سال ۸۳
٪ ۰/۲۵	درصد ضایعات Off1 پس از بهبود (از ابتدای مهر تا ۲۳ دی)

میزان بهبود	٪ ۰.۱۶۳۶
میزان صرفه جویی سالیانه	تن ۱۰۸۱ = ۰.۱۶۳۶ × ۱۷۰۰۰۰

محاسبه صرفه جویی مالی

میزان عواید اقتصادی: (با در نظر گرفتن قیمت فروش off)

جدول (۱۶): محاسبه میزان صرفه جویی اقتصادی (با در نظر گرفتن قیمت فروش off1)

عنوان	مقدار حاصله
قیمت فروش off1	ریال ۴۶۹۷
قیمت فروش on	ریال ۸۸۱۰
اختلاف قیمت	ریال ۴۱۱۳
میزان بهبود	تن در سال ۱۰۸۱
میزان صرفه جویی سالیانه	ریال ۴۴۴۶۷۶۵۳۳۷ = ۴۱۱۳ × ۱۰۸۱۰۰۰

میزان عواید اقتصادی: (بدون در نظر گرفتن قیمت فروش off)

جدول (۱۷): محاسبه میزان صرفه جویی اقتصادی (بدون در نظر گرفتن قیمت فروش off1)

عنوان	مقدار حاصله
قیمت فروش on	ریال ۸۸۱۰
میزان بهبود	تن در سال ۱۰۸۱
میزان صرفه جویی سالیانه	ریال ۹۵۲۴۹۲۱۶۱۹ = ۸۸۱۰ × ۱۰۸۱۰۰۰

محاسبه سطح سیگمای بعد از بهبود

درصد ضایعات OFF1 پس از بهبود (از ابتدای مهر تا ۲۳ دی): ۰.۲۵

سطح سیگمای حاصله: ۴.۳۱ سطح سیگمای قبل از بهبود: ۳.۷۶

۴-۶-۲ محاسبات مورد نیاز پروژه کاهش ضایعات فرآیندهای میانی و جانبی _ Off3

عواید اقتصادی

جدول (۱۸): محاسبه میزان صرفه جویی سالیانه مربوط به Off3

عنوان	مقدار
درصد ضایعات OFF3 در چهار ماه ابتدای سال ۸۳	٪ ۰.۹۰۴۱
درصد ضایعات OFF3 پس از بهبود (از ابتدای مهر تا ۲۳ دی)	٪ ۰.۸۲۳
میزان بهبود	٪ ۰.۰۸۱۱
میزان صرفه جویی سالیانه	تن ۱۳۸

محاسبه صرفه جویی مالی

میزان عواید اقتصادی: (با در نظر گرفتن قیمت فروش off)

جدول (۱۹): محاسبه میزان صرفه جویی اقتصادی (با در نظر گرفتن قیمت فروش off3)

عنوان	مقدار حاصله
قیمت فروش off3	ریال ۴۰۱۷
قیمت فروش on	ریال ۸۸۱۰
اختلاف قیمت	ریال ۴۷۹۳
میزان بهبود	تن در سال ۱۳۸
میزان صرفه جویی سالیانه	ریال ۶۶۱۴۳۴۰۰۰ = ۴۷۹۳ × ۱۳۸۰۰۰

میزان عواید اقتصادی: (بدون در نظر گرفتن قیمت فروش off)

جدول (۲۰): محاسبه میزان صرفه جویی اقتصادی (بدون در نظر گرفتن قیمت فروش off3)

عنوان	مقدار حاصله
قیمت فروش ON	۸۸۱۰ ریال
میزان بهبود	۱۳۸ تن در سال
میزان صرفه جویی سالیانه	ریال $۸۸۱۰ \times ۱۳۸۰۰۰ = ۱۲۱۵۷۸۰۰۰۰$

محاسبه سطح سیگمای بعد از بهبود

درصد ضایعات OFF3 پس از بهبود (از ابتدای مهر تا ۲۳ دی): ۰,۸۲۳

سطح سیگمای حاصله: ۳,۹۰ سطح سیگمای قبل از بهبود: ۳,۵۸

۵- نتیجه گیری

پروژه کاهش ضایعات واحد PVC بندر امام در مرداد ماه سال ۸۳ آغاز و در بهمن ماه همان سال به پایان رسید. مهمترین موفقیت تیم و مشاوران پروژه در کاهش میزان ضایعات درجه یک بود. قابل ذکر است، همانطور که در فاز بهبود پروژه کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی آمده جلوگیری از تولید مقدار زیادی OFF1، باعث تولید شدن مقدار کمی OFF2 شد. در مساله کاهش ضایعات درجه ۳ موفقیت زیادی حاصل نشد، که مهمترین دلیل آن این است که تولید مقداری از OFF3 اجتناب ناپذیر است. امید است این پروژه با فرآیند پایش باعث حداقل شدن تولید ضایعات واحد PVC گردد.

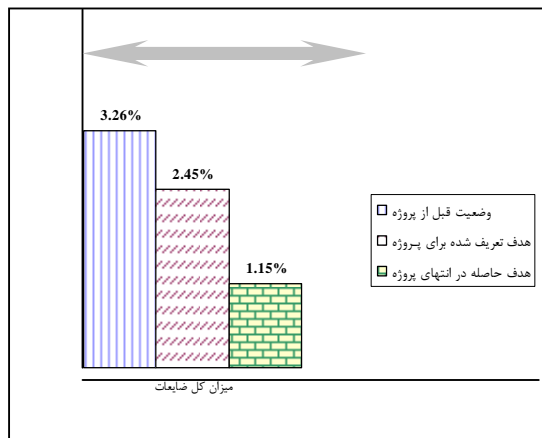
در زیر محاسبات مربوط به سطح سیگما و مقایسه با قبل از بهبود، نمودار مربوط به وضعیت ابتدای پروژه ها، هدف و میزان موفقیت حاصله در انتهای پروژه و همچنین میزان صرفه جویی سالیانه آمده است.

جدول (۲۱): جدول محاسبه سطح سیگمای بعد از بهبود پروژه کاهش ضایعات در فرآیندهای میانی و جانبی

نوع ضایعات	درصد ضایعات	سطح سیگما بعد از بهبود
OFF1	۰,۲۵٪	۴,۳۱
OFF2	۰,۰۷۴۶٪	۴,۶۸
OFF3	۰,۸۲۳٪ (۰,۴۵۲۷٪) با حذف آب	۳,۹
کل ضایعات	۱,۱۴۷۶٪ (۰,۷۷۷۳٪) با حذف آب	۳,۷۷

جدول (۲۲): جدول مقایسه سطح سیگمای قبل و بعد از بهبود کل پروژه

نوع ضایعات	سطح سیگما بعد از بهبود	سطح سیگما قبل از بهبود
OFF1	۴,۳۱	۳,۷۶
OFF2	۴,۶۸	۴,۴۰
OFF3	۳,۹	۳,۵۸



شکل (۲۳): نمودار مقایسه میزان ضایعات در وضعیت ابتدایی پروژه ها، هدف تعریف شده ابتدای پروژه و میزان حاصله در انتهای پروژه

جدول (۲۳): جدول محاسبه میزان صرفه جویی سالیانه هر دو پروژه

نوع ضایعات	میزان صرفه جویی سالیانه (ریال)
OFF1	۴۴۴۶۷۶۵۳۳۷
OFF2	۲۱۷۰۷۶۵۲۱
OFF3	۶۶۱۴۳۴۰۰۰
کل ضایعات	۵۳۲۵۳۰۰۰۰۰

۶- تقدیر و تشکر

با سپاس از جناب آقایان دکتر سقایی و دکتر نورالسنا مشاورن محترم پروژه و همچنین اعضاء محترم تیم پروژه واحد PVC

۷- مراجع

- [۱] گزارشات تولید، واحد PVC، شرکت بسپاران بندر امام
- [۲] لیست مواد اولیه، واحد PVC، شرکت بسپاران بندر امام
- [۳] جریان مواد، واحد PVC، شرکت بسپاران بندر امام
- [۴] گزارشات بازرگانی، شرکت بسپاران بندر امام
- [۵] گزارشات کنترل تولید، شرکت بسپاران بندر امام
- [۶] کنترل فرآیند تولید، واحد PVC، شرکت بسپاران بندر امام
- [۷] گزارشات بسته بندی انبار واحد، واحد PVC، شرکت بسپاران بندر امام
- [۸] سایت شرکت سهامی پتروشیمی بندر امام